



TUGAS AKHIR - TK145501

**PENGAMBILAN MINYAK JAHE PUTIH KECIL
DENGAN METODE MICROWAVE
ULTRASONIC STEAM DIFFUSION SEBAGAI
BAHAN ESSENTIAL OIL**

ADE LINDA AUTIKA FIRLIE
NRP. 2314 030 030

ANGGA BAHRUL ALAM
NRP. 2314 030 031

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA

Co Dosen Pembimbing
Achmad Ferdiansyah P. P, S.T., M.T

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017**



TUGAS AKHIR - TK145501

**TAKING OF GINGER OIL WITH MICROWAVE
ULTRASONIC STEAM DIFFUSION AS
MATERIALS FOR ESSENTIAL OIL**

ADE LINDA AUTIKA FIRLIE
NRP. 2314 030 030

ANGGA BAHRUL ALAM
NRP. 2314 030 031

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA

Co Dosen Pembimbing
Achmad Ferdiansyah P. P, S.T., M.T

DEPARTMENT OF DIII CHEMICAL ENGINEERING
DEPARTMENT INDUSTRIAL OF CHEMICAL ENGINEERING
Faculty of Vocation
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2017

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL : PENGAMBILAN MINYAK JAHE PUTIH KECIL DENGAN METODE MICROWAVE ULTRASONIC STEAM DIFFUSION SEBAGAI BAHAN ESSENTIAL OIL

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

Ade Linda Autika Firlie
Angga Bahrul Alam

(NRP 2314 030 030)
(NRP 2314 030 031)

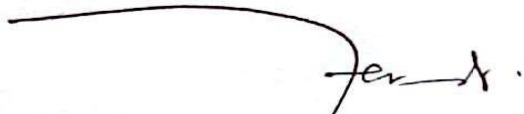
Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing

Dosen CoPembimbing



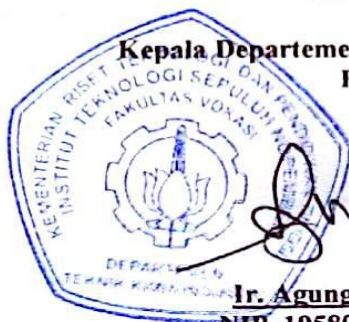
Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA
NIP. 19600624 198701 1 001



Achmad Ferdiansyah P. P, S.T, M.T
NIP. 2300201308002

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Kimia Industri
FV-ITS



Ir. Agung Subyakto, M.S.
NIP. 19580312 198601 1 001

SURABAYA, 27 JULI 2017

LEMBAR REVISI

Telah diperiksa dan disetujui sesuai dengan hasil ujian tugas akhir pada tanggal 13 Juli 2017 untuk tugas akhir dengan judul **"Pengambilan Minyak Jahe Putih Kecil dengan Metode Microwave Ultrasonic Steam Diffusion sebagai Bahan Essential Oil"**, yang disusun oleh :

Ade Linda Autika Firlie
Angga Bahrul Alam

(NRP 2314 030 030)

(NRP 2314 030 031)

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

1. Ir. Budi Setiawan, M.T

2. Ir. Imam Syafril, M.T

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA

2. Achmad Ferdiansyah P.P, S.T, MT.

SURABAYA, 27 JULI 2017

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkat dan rahmat –Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan laporan tugas akhir. Laporan tugas akhir ini merupakan tahap akhir dari penyusunan tugas akhir yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.md) di Departemen Teknik Kimia Industri FV – ITS. Pada kesempatan kali ini atas segala bantuannya dalam pengerjaan laporan tugas akhir ini, kami mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. Agung Subyakto M.S, selaku Ketua Program Studi Departemen Teknik Kimia Industri FV – ITS.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA selaku pembimbing yang selalu mengawasi dan membantu dalam menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Achmad Ferdiansyah P. P., S.T., M.T. sebagai co-dosen pembimbing yang selalu mengawasi dan membantu dalam menyelesaikan tugas akhir.
4. Bapak Ir. Budi Setiawan M.T selaku dosen penguji tugas akhir Departemen Teknik Kimia Industri FV – ITS.
5. Bapak Ir. Imam Syafril, M.T selaku dosen penguji tugas akhir Departemen Teknik Kimia Industri FV – ITS.
6. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Kimia Industri FV – ITS.
7. Kedua orang tua kami dan orang terdekat yang selalu mendukung dan memberikan baik moril maupun materil yang tak ternilai harganya.
8. Dinas Sosial UPTD Surabaya yang telah memberi beasiswa yang mampu memperlancar dalam pengerjaan Tugas Akhir.

9. Rekan – rekan seperjuangan angkatan 2014 atas kerjasamanya selama menuntut ilmu di Departemen Teknik Kimia Industri FV – ITS

Penyusun berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua dan kami menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan.

Surabaya, 21 Juli 2017

Penyusun

PENGAMBILAN MINYAK JAHE PUTIH KECIL DENGAN METODE *MICROWAVE ULTRASONIC STEAM DIFFUSION* SEBAGAI BAHAN *ESSENTIAL OIL*

Nama Mahasiswa : 1. Ade Linda Autika Firlie 2314 030 030
2. Angga Bahrul Alam 2314 030 031
Program Studi : Departemen Teknik Kimia Industri FV-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA.
Co-Dosen Pembimbing : Achmad Ferdiansyah P. P., S.T., M.T.

ABSTRAK

Minyak atsiri jahe (zingiberene oil ($C_{15}H_{24}$)) merupakan salah satu produk diversifikasi olahan pasca panen yang mempunyai nilai jual tinggi. Namun kontribusi minyak jahe Indonesia baru 0,3 % dari total ekspor minyak atsiri dan sebagian besar produk atsiri jahe yang ada dipasar belum memenuhi standar produk ekspor misalnya berdasarkan standar Essential Oil Association of USA (EOA). Rendahnya kualitas produk minyak atsiri jahe ini disebabkan proses produksinya dengan penyulingan biasa (Hydro Distillation). Metode ini sering digunakan karena mudah dioperasikan dan menghasilkan produk yang cukup baik namun membutuhkan waktu lama. Metode ekstraksi lain yang dikembangkan adalah Microwave Distillation and Simultaneous Solid-Phase Microextraction (MDSS-PM). Pada metode ini waktu yang dibutuhkan lebih cepat namun tidak sebaik produk Hydro Distillation dan membutuhkan energi tinggi. Pada penelitian ini dilakukan proses ekstraksi jahe dengan metode Microwave Distillation yang dimodifikasi dengan rekayasa penambahan ultrasonic (MUSDf). Dengan metode ini diharapkan dihasilkan produk (yield) minyak atsiri jahe yang berkualitas dengan kebutuhan energi proses yang lebih rendah. Yield didefinisikan sebagai massa komponen hasil ekstraksi dibagi dengan massa bahan baku kering. Jahe yang diekstrak dengan MUSDf ini adalah jahe putih kecil (zingiberene officinale) karena berdasarkan penelitian sebelumnya, diperoleh bahwa jahe putih kecil (emprit) memiliki kadar minyak atsiri yang lebih tinggi di bandingkan jahe putih besar (jahe gajah) dan jahe merah. Variabel yang digunakan ialah metode Steam Diffusion (SDf), Microwave Exctraction (ME), Microwave Steam Diffusion (MSDf), Microwave Ultrasonic Steam Diffusion (MUSDf), lalu waktu ekstarksi 30, 50, 70, 90 dan 110 menit serta temperature ekstraksi dengan variasi suhu 90, 95, 100 dan 105°C. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa metode yang terbaik untuk menghasilkan ekstrak minyak jahe adalah dengan menggunakan metode MUSDf dengan hasil yield sebesar 0,952%, kadar zingiberene sebesar 6,38%, dan biaya pergram minyak sebesar Rp 17.964 serta suhu ekstraksi yang menghasilkan optimum pada metode MSDf dan MUSDf sebesar 100°C.

Kata kunci: minyak atsiri jahe, microwave ultrasonic steam diffusion, zingiberene.

TAKING OF GINGER OIL WITH MICROWAVE ULTRASONIC STEAM DIFFUSION AS MATERIALS FOR ESSENTIAL OIL

Name : 1. Ade Linda Autika Firlie 2314 030 030
2. Angga Bahrul Alam 2314 030 031
Department : Department Industrial Of Chemical Engineering FV-ITS
Lecture : Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA.
Co-Lecture : Achmad Ferdiansyah P. P., S.T., M.T.

ABSTRACT

Essential oil of ginger (zingiberene oil ($C_{15}H_{24}$)) is one of the diversified product of post-harvest process that has high selling value. However, the contribution of Indonesia's ginger oil is only 0.3% of total exports of essential oils and most of the essential ginger products available in the market have not allow the standard export products, based on the Essential Oil Association of USA (EOA) standards. The low quality of ginger essential oil products is due to its production process with convensional distillation (Hydro Distillation). This method is most often used because it is easy to operate and produce a good enough product but takes a long time. Another extract method developed is Microwave Distillation and Simultaneous Solid-Phase Microextraction (MDSS-PM). In this method the time required is faster but the resulting product is not as good as Hydro Distillation product and requires high energy. In this research, ginger extraction process using Microwave Distillation method is modified by ultrasonic addition technique (MUSDf). The variables used in this research are Steam Diffusion (SDF) method, Microwave Extraction (ME), Microwave Steam Diffusion (MSDf), Microwave Ultrasonic Steam Diffusion (MUSDf) with 30, 50, 70, 90 and 110 minutes extension time and extraction temperature variations of 90, 95, 100 and 105⁰C. From the result of the research, it is found that the best method to produce ginger oil extract is by using MUSDf method with yield of 0.952%, zingiberene level is 6.38%, and the cost per gram of oil is Rp 17,964 and the most extraction temperature Optimum on MUSDF method of 100⁰C.

Keywords : *essential oil of ginger, microwave ultrasonic steam diffusion, zingiberene.*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR GRAFIK.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang Masalah	I-1
I.2 Perumusan Masalah	I-3
I.3 Batasan Masalah	I-3
I.4 Tujuan Inovasi Produk.....	I-3
I.5 Manfaat Produk	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Tanaman Jahe	II-1
II.2 Minyak Atsiri Jahe.....	II-5
II.3 Ekstraksi	II-8
II.4 Gelombang <i>Microwave</i>	II-11
II.5 Gelombang Ultrasonik.....	II-13
II.6 Penelitian Sebelumnya	II-14
BAB III METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK	
III.1 Bahan yang Digunakan	III-1
III.2 Peralatan yang Digunakan.....	III-1
III.3 Variabel Percobaan.....	III-3
III.4 Prosedur Penelitian	III-4
III.5 Tempat Pelaksanaan	III-22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Analisis Pengaruh Metode SDF terhadap Yield	IV-1
IV.2 Analisis Pengaruh Metode ME terhadap Yield	IV-3
IV.3 Analisis Pengaruh Metode MSDf terhadap Yield .	IV-5
IV.4 Analisis Pengaruh Metode MUSDF terhadap Yield	IV-7
IV.5 Analisis Pengaruh Metode SDF, ME, MSDf, dan	

MUSDf terhadap Yield.....	IV-9
IV.6 Analisis Pengaruh Suhu Ekstraksi Terhadap Yield pada Metode MSDf dan MUSDf	IV-14
IV.7 Analisis Pengaruh Metode MSDf dan MUSDf Terhadap Kualitas Minyak Jahe	IV-16
IV.8 Analisis Konsumsi Energi dengan Menggunakan Metode MSDf dan MUSDf.....	IV-17
BAB V NERACA MASSA	
V.1 Tahap Persiapan Bahan Baku	V-1
V.2 Tahap Percobaan	V-2
BAB VI NERACA PANAS	
VI.1 Data Perhitungan.....	VI-1
VI.2 Tahap Persiapan Bahan Baku.....	VI-2
VI.3 Tahap Percobaan	VI-4
BAB VII ESTIMASI BIAYA	
VII.1 Estimasi Biaya	VII-1
VII.2 <i>Fixed Cost</i> (FC)	VII-3
VII.3 <i>Variable Cost</i> (VC)	VII-3
VII.4 Harga Pokok Penjualan (HPP).....	VII-4
VII.5 <i>Break Event Point</i> (BEP)	VII-5
BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN	
VIII.1 Kesimpulan	VIII-1
VIII.2 Saran.....	VIII-1
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR PUSTAKA	xii
LAMPIRAN :	
APPENDIKS A NERACA MASSA.....	A-1
APPENDIKS B NERACA PANAS	B-1
APPENDIKS C KONSUMSI ENERGI.....	C-1
APPENDIKS D ESTIMASI BIAYA.....	D-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Jahe Putih Besar.....	II-2
Gambar II.2	Jahe Putih Kecil	II-2
Gambar II.3	Jahe Merah.....	II-3
Gambar II.4	Struktur Kimia <i>Zingiberene</i>	II-8
Gambar II.5	Spektrum Gelombang	II-11
Gambar II.6	Profil <i>Temperature</i> pada Pemanasan <i>Microwave</i> dan Konvensional	II-13
Gambar III.1	Skema Peralatan <i>Microwave-Ultrasonic</i> <i>Steam Diffusion</i>	III-1
Gambar III.2	Proses <i>Pre-Treatment</i> Bahan Baku Rimpang Jahe Putih Kecil	III-10
Gambar III.3	Proses Ekstraksi Minyak Jahe dengan Metode <i>Steam Diffusion</i> (SDF)	III-13
Gambar III.4	Proses Ekstraksi Minyak Jahe dengan Metode <i>Microwave Extraction</i>	III-15
Gambar III.5	Proses Ekstraksi Minyak Jahe dengan Metode <i>Microwave Steam Diffusion</i>	III-18
Gambar III.6	Proses Ekstraksi Minyak Jahe dengan Metode <i>Microwave Ultrasonic Steam</i> <i>Diffusion</i>	III-21
Gambar IV.1	Perbandingan Distribusi Panas dengan Menggunakan Metode Konvensional dan <i>Microwave</i>	IV-2
Gambar IV.2	Profil Temperatur Pemanasan (a) <i>Microwave</i> dan (b) Konvensional.....	IV-11
Gambar IV.3	Mekanisme Gelembung Kavitasasi.....	IV-13

DAFTAR GRAFIK

Grafik IV.1	Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Hasil Yield Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode SDF.....	IV-2
Grafik IV.2	Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Hasil Yield Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode ME.....	IV-3
Grafik IV.3	Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Hasil Yield Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode MSDf.....	IV-7
Grafik IV.4	Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Hasil Yield Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode MUSDF.....	IV-8
Grafik IV.5	Hasil Yield Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode Sdf, ME, MSDf, dan MUSDF dengan Variabel Waktu Ekstraksi	IV-10
Grafik IV.6	Hasil Yield Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode MSDf dan MUSDF dengan Variabel Suhu Ekstraksi	IV-15
Grafik VII.1	Grafik <i>Break Event Point</i> (BEP)	VII-7

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Karakteristik Berbagai Varietas Jahe.....	II-4
Tabel II.2	Kandungan Minyak Atsiri Jahe	II-6
Tabel II.3	Syarat Mutu Minyak Jahe Berdasarkan SNI 06-1312-1998.....	II-7
Tabel III.1	Perbandingan Metode SDf, ME, MSDf, dan MUSDf dengan Variasi Waktu Ekstraksi.....	III-4
Tabel III.2	Perbandingan Metode MUSDf dan MSDf dengan Variasi Suhu Ekstraksi	III-4
Tabel III.3	Perbandingan Konsumsi Energi pada Metode MUSDf dan MSDf	III-4
Tabel IV.1	Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Hasil Yield Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode SDf.....	IV-1
Tabel IV.2	Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Hasil Yield Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode ME.....	IV-3
Tabel IV.3	Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Hasil Yield Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode MSDf.....	IV-6
Tabel IV.4	Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Hasil Yield Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode MUSDf.....	IV-8
Tabel IV.5	Hasil Yield Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode SDf, ME, MSDf, dan MUSDf.....	IV-10
Tabel IV.6	Hasil Yield Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode MSDf dan MUSDf dengan Variabel Suhu Ekstraksi	IV-14
Tabel IV.7	Hasil Analisa GC-MS pada Kandungan Kimia dalam Minyak Jahe yang Diperoleh dari Metode MSDf dan MUSDf.....	IV-16
Tabel IV.8	Konsumsi Energi pada Metode MSDf dan	

	MUSDf.....	IV-18
Tabel V.1	Neraca Massa Total pada Proses Pencucian.....	V-1
Tabel V.2	Neraca Massa Total pada Proses Pengeringan ..	V-2
Tabel V.3	Neraca Massa pada Proses Ekstraksi Menggunakan Metode MSDf.....	V-3
Tabel V.4	Neraca Massa Total pada Proses <i>Microwave Extraction</i>	V-4
Tabel V.5	Neraca Massa pada Proses <i>Microwave Steam Diffusion</i>	V-5
Tabel V.6	Neraca Massa Total pada <i>Ultrasonic Maseration</i>	V-6
Tabel V.7	Neraca Massa pada Proses <i>Microwave Extraction</i>	V-7
Tabel VI.1	Nilai <i>Heat Capacity</i> pada Jenis Ikatan	VI-1
Tabel VI.2	Data <i>Heat Capacities</i> Air	VI-2
Tabel VII.1	Biaya Investasi Peralatan per Bulan.....	VII-1
Tabel VII.2	Biaya Kebutuhan Bahan Baku Produksi per Produk	VII-2
Tabel VII.3	Biaya Utilitas per Bulan	VII-2
Tabel VII.4	Biaya Pendukung Lainnya per Bulan.....	VII-3
Tabel VII.5	Perhitungan Biaya Penjualan	VII-6

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Jahe putih kecil (*Zingiberene officinale* var. *Amarum*) merupakan salah satu jenis jahe yang memiliki ruas rimpang berukuran lebih kecil daripada jahe putih besar, tetapi lebih besar dari jahe merah. Rimpang jahe putih kecil ini berwarna putih dengan bentuk agak pipih, berserat lembut, dan dapat diambil minyak atsirinya (Setyaningrum & Saparinto, 2013). Pada tahun 2010, harga jahe adalah Rp 2.000/kg, sedangkan harga minyak jahe sebesar Rp 600.000/kg (Rusli, 2010). Hal ini membuktikan bahwa pengolahan jahe menjadi minyak atsiri menjadikan tanaman jahe mempunyai nilai ekonomis yang lebih tinggi. Harga minyak atsiri jahe ditentukan oleh kuantitas dan kualitas komponen dari jenis minyak atsiri yang dihasilkan. Aroma minyak atsiri jahe ditentukan oleh kandungan *zingiberene*, oleh karena itu dibutuhkan metode ekstraksi yang tepat untuk menghasilkan minyak atsiri jahe dengan kuantitas dan kualitas yang baik.

Berbagai metode dan cara untuk mengekstraksi minyak atsiri dari rimpang jahe telah banyak dilakukan. Mesomo et al. (2013), menggunakan metode *Hydrodistillation* dan *Supercritical CO₂* untuk mengekstrak minyak esensial jahe (*Zingiber officinale* R.). *Hydrodistillation* merupakan metode dengan proses dan peralatan yang digunakan cukup sederhana dan cukup praktis. Namun, metode ini mempunyai kekurangan yaitu membutuhkan waktu ekstraksi yang lama, menggunakan energi yang besar, dan senyawa *volatile* juga berpotensi hilang selama proses ekstraksi. Kemudian dilakukan pengembangan metode *Supercritical Fluid Extraction* (SFE) dengan pelarut CO₂ yang digunakan untuk mengekstrak jahe kering. Metode ini dapat meminimalisir waktu ekstraksi, mengurangi penggunaan pelarut, CO₂ bersifat tidak beracun dan ramah lingkungan. Namun, metode ini mempunyai kekurangan yaitu peralatan yang digunakan mahal dengan



penerapan yang terbatas. Untuk menutupi kekurangan dari metode *Hydrodistillation* dan *Supercritical CO₂*, maka dilakukan pengembangan metode yaitu *Microwave Extraction* (ME).

Paisooksantivatana & Bua-in (2009), melakukan ekstraksi *Zingiber montanum* menggunakan metode ME. Kelebihan dari *Microwave Extraction* adalah penggunaan pelarut dan waktu ekstraksi lebih rendah, namun efisiensi ekstraksi rendah dan waktu ekstraksi masih relatif lama. Kemudian dilakukan pengembangan metode *Microwave Distillation and Simultaneous Solid-Phase Microextraction* (MDSS-PM). Yu et al. (2007), menggunakan metode MDSS-PM untuk mengekstrak minyak esensial jahe (*Zingiber officinale*). Kelebihan dari MDSS-PM yaitu waktu ekstraksi yang cepat dan tidak menggunakan pelarut, namun penerapan metode ini terbatas. Sansan et al. (2012) dalam paten CN102676299A, dilakukan proses ekstraksi minyak lavender dengan metode *Ultrasonic Steam Extraction*. Metode ini menghasilkan ekstrak minyak lavender lebih banyak yaitu dua kali dari hasil ekstraksi menggunakan metode distilasi uap konvensional dan waktu yang dibutuhkan lebih cepat, namun energi yang digunakan masih cukup besar. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sansan et al. (2012) dengan metode *Ultrasonic Steam Extraction* akan digunakan sebagai referensi inovasi metode ekstraksi minyak jahe putih kecil untuk mendapatkan proses ekstraksi yang lebih efisien dengan energi yang sedikit dan menghasilkan yield yang tinggi dengan kualitas yang baik.

Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap ekstraksi minyak jahe menggunakan metode *Steam Diffusion* (SDf), *Microwave Extraction* (ME), *Microwave Steam Diffusion* (MSDf) dan *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion* (MUSDf) untuk mendapatkan proses yang lebih efisien dengan energi yang sedikit dan menghasilkan yield yang tinggi dengan kualitas yang baik. Nantinya pengolahan ekstrak minyak jahe akan dimanfaatkan sebagai bahan *essential oil* pada aromaterapi.

**I.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang akan dibahas dalam inovasi produk ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh proses ekstraksi *Steam Diffusion* (SDf), *Microwave Extraction* (ME), *Microwave Steam Diffusion* (MSDf), dan *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion* (MUSDf) terhadap yield?
2. Bagaimanakah pengaruh proses ekstraksi *Microwave Steam Diffusion* (MSDf) dan *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion* (MUSDf) terhadap kadar minyak jahe dan konsumsi energi ?
3. Bagaimanakah pengaruh suhu operasi ekstraksi terhadap yield pada metode *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion* (MUSDf) dan *Microwave Steam Diffusion* (MSDf) ?

I.3. Batasan Masalah

Dalam inovasi metode ekstraksi minyak jahe ini, dilakukan pembatasan masalah dengan ruang lingkup sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan adalah jahe putih kecil (*Zingiberene officinale var. Amarum*).
2. Pelarut yang digunakan untuk ekstraksi minyak jahe ialah *aquadest*.

I.4. Tujuan Inovasi Produk

Tujuan inovasi metode ekstraksi minyak jahe ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh proses ekstraksi *Steam Diffusion* (SDf), *Microwave Extraction* (ME), *Microwave Steam Diffusion* (MSDf) dan *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion* (MUSDf) terhadap yield.
2. Menganalisis pengaruh proses ekstraksi *Microwave Steam Diffusion* (MSDf) dan *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion* (MUSDf) terhadap kadar minyak jahe dan konsumsi energi.



3. Menganalisis pengaruh suhu operasi ekstraksi terhadap yield pada metode *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion* (MUSDf) dan *Microwave Steam Diffusion* (MSDf).

I.5 Manfaat Produk

Manfaat dari inovasi metode ekstraksi minyak jahe ini adalah :

1. Mendapatkan ekstrak *zingiberene* dari minyak jahe putih kecil dengan penggunaan energi yang rendah, serta menghasilkan yield dan kualitas yang optimum sebagai bahan *essential oil*.
2. Data hasil penelitian ini akan berguna dalam pengembangan metode ekstraksi dari bahan-bahan yang lain.
3. Sebagai alternatif untuk meningkatkan nilai jual jahe putih kecil

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Tanaman Jahe

Jahe adalah tanaman rimpang yang biasa disebut sebagai rempah-rempah dan bahan obat. Rimpang jahe ada yang berbentuk seperti jemari yang menggembung di ruas-ruas tengah (Setyaningrum & Saparinto, 2013).

Menurut Rukmana (2000), kedudukan tanaman jahe dalam sistematika taksonomi tumbuhan adalah sebagai berikut :

Kingdom	= <i>Plantae</i> (tumbuh-tumbuhan)
Divisi	= <i>Spermatophyta</i> (tumbuhan berbiji)
Subdivisi	= <i>Angiospermae</i> (berbiji tertutup)
Kelas	= <i>Monocotyledone</i> (biji berkeping satu)
Ordo	= <i>Zingiberales</i>
Famili	= <i>Zingiberaceae</i>
Subfamili	= <i>Zingiberoidae</i>
Genus	= <i>Zingiber</i>
Spesies	= <i>Zingiber officinale</i> Roxb.

Rimpang jahe memiliki bentuk yang bervariasi, mulai dari agak pipih sampai menggembung (bulat panjang), dengan warna putih kekuning-kuningan hingga kuning kemerah-merahan. Rimpang jahe mengandung minyak atsiri (Rukmana, 2000).

Menurut Setyaningrum dan Saparinto (2013), secara umum terdapat tiga jenis tanaman jahe yang dapat dibedakan dari aroma, warna, bentuk, dan besar rimpang. Ketiga jenis tanaman jahe tersebut adalah :

1. Jahe putih besar

Jahe putih besar disebut juga dengan jahe gajah atau jahe badak yang ditunjukkan pada Gambar II.1. Rimpang jahe ini berwarna putih kekuningan. Selain itu, rimpangnya lebih besar dan gemuk dengan ruas rimpang lebih menggembung daripada jenis lainnya. Jahe ini biasanya digunakan untuk sayur, masakan, minuman, permen, dan rempah-rempah. Jahe putih besar memiliki rasa yang



kurang pedas serta aroma yang kurang tajam dibandingkan dengan jenis jahe yang lain dimana memiliki kandungan minyak atsiri sekitar 1,18-1,68% dari berat kering.



Gambar II.1 Jahe Putih Besar

2. Jahe putih kecil

Jahe putih kecil (*Z. officinale* var. *Amarum*) biasa disebut dengan jahe emprit yang ditunjukkan pada Gambar II.2. Warnanya putih, bentuknya agak pipih dan berserat lembut. Jahe putih kecil ini memiliki ruas rimpang berukuran lebih kecil daripada jahe putih besar, tetapi lebih besar dari jahe merah. Jahe putih kecil dapat diekstrak oleoresin dan diambil minyak atsirinya (1,5-3,5% dari berat kering). Dengan demikian, kandungan minyak atsirinya lebih besar dibandingkan dengan jahe putih besar. Kadar minyak atsiri jahe putih sebesar 3,3% dan kadar oleoresin 2,39-8,87%.



Gambar II.2 Jahe Putih Kecil



3. Jahe merah

Jahe merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) biasa disebut dengan jahe sunti yang ditunjukkan pada Gambar II.3. Jahe merah memiliki rimpang yang berwarna kemerahan dan lebih kecil dibandingkan dengan jahe putih kecil atau sama seperti jahe kecil dengan serat yang kasar. Jahe ini memiliki kandungan minyak atsiri sekitar 2,58-2,72% dari berat kering.



Gambar II.3 Jahe Merah

**Tabel II.1** Karakteristik Berbagai Varietas Jahe

No	Karakteristik	Jahe Putih Besar (Jahe Gajah)	Jahe Putih Kecil (Jahe Emprit)	Jahe Merah
1.	Panjang akar	12,9-21,5 cm	20,5-21,1 cm	17,4-24 cm
2.	Diameter akar	4,5-6,3 mm	4,8-5,9 mm	12,3-12,6 mm
3.	Ruas rimpang	Besar	Kecil	Kecil
4.	Warna rimpang	Putih kekuningan	Putih	Merah
5.	Besar rimpang	Besar dan gemuk, ruas lebih menggembung	Sedang, ruas agak rata, dan sedikit menggembung	Kecil, ruas agak rata, dan sedikit menggembung
6.	Panjang rimpang	15,83-32,75 cm	6,13-31,7 cm	12,33-12,6 cm
7.	Lebar rimpang	6,20-11,3 cm	6,38-11,1 cm	5,26-10,4 cm
8.	Warna daun	Hijau	Hijau	Hijau
9.	Panjang daun	17,4-21,9 cm	17,4-19,8 cm	24,5-24,8 cm
10.	Daun pelindung bunga	Tersusun rapat	Tersusun rapat	Tersusun longgar
11.	Panjang bunga	4-4,2 cm	4-4,2 cm	5-5,5 cm
12.	Rasa	Kurang pedas	Pedas	Sangat pedas
13.	Produksi per hektar	10-25 ton	10-20 ton	8-15 ton
14.	Kandungan minyak atsiri	1,18-1,68%;	3,3%	2,58-2,72%

Jika dilihat dari kandungan air, jahe putih besar memiliki kandungan air sebanyak 82%, jahe putih kecil 50,2%, dan jahe merah 81%. Sementara itu, jika dilihat dari kandungan minyak atsirinya, jahe putih besar mengandung minyak sekitar 1,18-



1,68%; jahe putih kecil sekitar 3,3%; dan jahe merah sekitar 2,58-2,72% (Setyaningrum & Saparinto, 2013).

Komposisi kimia jahe sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain waktu panen, lingkungan tumbuh (ketinggian tempat, curah hujan, jenis tanah), keadaan rimpang (segar atau kering) dan geografi. Nilai nutrisi dari 100 g jahe kering dengan kadar air 15% mempunyai komposisi 7,2-8,7 g, lemak 5,5-7,3 g, abu 2,5-5,7 g, abu (4,53 g), besi (9,41 mg), kalsium (104,02 mg) dan fosfor (204,75 mg) (Hernani & Winarti, 2011).

II.2 Minyak Atsiri Jahe

Minyak atsiri, atau dikenal juga sebagai minyak eteris (*aetheric oil*), minyak essensial, minyak terbang, serta minyak aromatik, adalah kelompok besar minyak nabati yang berwujud cairan kental pada suhu ruang namun mudah menguap sehingga memberikan aroma yang khas. Minyak atsiri bersifat mudah menguap karena titik uapnya rendah. Selain itu, susunan senyawa komponennya kuat mempengaruhi saraf manusia (terutama di hidung) sehingga seringkali memberikan efek psikologis tertentu (baunya kuat) (Lin et al., 2010).

Minyak jahe adalah suatu campuran yang kompleks dari komponen terpenes dan non-terpenoid. Komponen utama minyak jahe terdiri dari seskuiterpen, monoterpen, dan monoterpen teroksidasi. Seskuiterpen pada jahe terdiri dari seskuiterpen hidrokarbon dan seskuiterpen alkohol. Seskuiterpen hidrokarbon terdiri dari alpha-zingiberen, beta-zingiberen, kurkumen, beta-bisabolen, belemen, beta-parnesen, delta-salinen, beta-seskuiphelandren, dan seskuitujen. Seskuiterpen alkohol terdiri dari zingiberol (cis- beta -endesmol dan trans-bendesmol), nerediol, cis-beta-seskuiphelandrol, trans-beta-seskuiphelandrol, cissabinen, dan zingiberenol. Monoterpen hidrokarbon pada minyak jahe terdiri dari delta-camphen, 4-3-karen, p-simen, kurkumen, delta-limonen, mirsen, delta-bphelandren, alpha-pinen, beta-pinen dan sabinen, sedangkan monoterpen teroksidasi pada



jahe terdiri dari delta-borneol, bornil asetat, 1,8-sineol, sitral, sistroneilil asetat, geraniol, dan linalool (Handayani et al., 2015).

Komponen utama minyak atsiri jahe yang menyebabkan bau harum adalah *zingiberene* yang ditunjukkan pada Tabel II.2. *Zingiberene* merupakan seskuiterpen hidrokarbon dengan rumus $C_{15}H_{24}$ (Handayani et al., 2015).

Tabel II.2 Kandungan Minyak Atsiri Jahe

Komponen	Konsentrasi (%)	Komponen	Konsentrasi (%)
<i>Camphene</i>	0,73	<i>4,5-Dimethyl-11-Methylene Tricycle 7</i>	2,35
<i>Beta-Phellandrene</i>	0,93	<i>Gamma-Cadinene</i>	3,56
<i>Endo-Borneol</i>	0,97	<i>Beta-Sesquiphellandrene</i>	15,57
<i>Geraniol</i>	0,97	<i>Delta-Candine</i>	0,64
<i>Geraly Acetate</i>	1,37	<i>Nerolidol</i>	2,01
<i>AR-Curcumene</i>	15,88	<i>7-Alpha- (1-Hydroxyl-1-Methylethyl)</i>	2,00
<i>Zingiberene</i>	31,79	<i>Germacrene B</i>	1,10
<i>Alpha Farnesene</i>	5,71	<i>Alpha-Eudesmol</i>	3,23
<i>Beta-Bisabolene</i>	9,29		

Sumber : Kamaliroosta et al. (2013)

Minyak atsiri jahe merupakan cairan yang berwarna kuning coklat hingga kemerahan-merahan, mudah menguap pada suhu kamar, berat jenis lebih kecil dari berat jenis air, mempunyai rasa getir, berbau wangi khas tanaman jahe, larut dalam pelarut organik dan tidak larut dalam air (Wulandari, 2013).



Tabel II.3 Syarat Mutu Minyak Jahe Berdasarkan SNI 06-1312-1998

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Berat jenis (25°C)	-	0,8720-0,8890
2.	Indeks bias (25°C)	-	1,4853-1,4920
3.	Putaran optic	-	(-32°C) – (-14°C)
4.	Bilangan asam	mg KOH/g	Maks. 2
5.	Bilangan ester	mg KOH/g	Maks. 15

Salah satu kegunaan minyak atsiri jahe adalah sebagai bahan baku dalam industri farmasi yaitu aromaterapi dimana jahe bekerja dengan menginhibisi reseptor serotonin dan sistem saraf pusat (*Wulandari, 2013*).

Komponen aroma dari minyak atsiri cepat berinteraksi saat dihirup, senyawa tersebut berinteraksi dengan sistem saraf pusat dan langsung merangsang pada sistem *olfactory*, kemudian sistem ini akan menstimulasi saraf-saraf pada otak di bawah kesetimbangan korteks serebral. Senyawa-senyawa berbau harum atau *fragrance* dari minyak atsiri suatu bahan tumbuhan telah terbukti pula dapat mempengaruhi aktivitas lokomotor. Aktivitas lokomotor merupakan aktivitas gerak sebagai akibat adanya perubahan aktivitas listrik yang disebabkan oleh perubahan permeabilitas membran pascasinaptik dan oleh adanya pelepasan transmitter oleh neuron prasinaptik pada sistem saraf pusat (*Muchtaridi, 2007*).

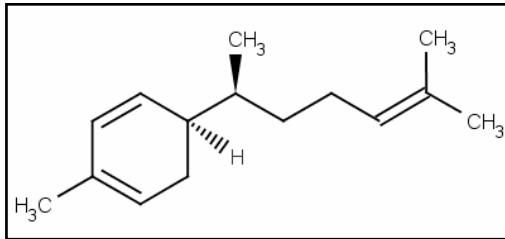
II.2.1 *Zingiberene*

Bahan aktif yang berperan terutama senyawa *zingiberene* ($C_{15}H_{24}$) yang dikandung minyak atsiri jahe putih kecil yang struktur kimianya ditunjukkan pada Gambar II.4. Kandungan *zingiberene* merupakan komposisi terbanyak dalam jahe. *Zingiberene* berfungsi memberi bau harum (*Kamaliroosta et al., 2013*).

Zingiberene adalah senyawa paling utama dalam minyak jahe. Senyawa ini memiliki titik didih 34°C pada tekanan 14



mmHg, dengan berat jenis pada 20°C adalah 0,8684. Indeks biasanya 1,4956 dan putaran optik -73°38'' pada suhu 20°C (Handayani *et al.*, 2015).



Gambar II.4 Struktur Kimia *Zingiberene*

II.3 Ekstraksi

Menurut Mukhriani (2014), ekstraksi merupakan proses pemisahan bahan dari campurannya dengan menggunakan pelarut yang sesuai. Proses ekstraksi dihentikan ketika tercapai kesetimbangan antara konsentrasi senyawa dalam pelarut dengan konsentrasi dalam sel tanaman. Pemilihan metode ekstraksi tergantung pada sifat bahan dan senyawa yang akan diisolasi. Jenis-jenis metode ekstraksi yang dapat digunakan adalah sebagai berikut :

II.3.1. Maserasi

Maserasi merupakan metode sederhana yang paling banyak digunakan. Cara ini sesuai, baik untuk skala kecil maupun skala industri. Metode ini dilakukan dengan memasukkan serbuk tanaman dan pelarut yang sesuai ke dalam wadah inert yang tertutup rapat pada suhu kamar. Proses ekstraksi dihentikan ketika tercapai kesetimbangan antara konsentrasi senyawa dalam pelarut dengan konsentrasi dalam sel tanaman. Setelah proses ekstraksi, pelarut dipisahkan dari sampel dengan penyaringan. Kerugian utama dari metode maserasi ini adalah memakan banyak waktu, pelarut yang digunakan cukup banyak, dan besar kemungkinan beberapa senyawa hilang. Selain itu, beberapa senyawa mungkin saja sulit di ekstraksi pada suhu kamar. Namun di sisi lain,



metode maserasi dapat menghindari rusaknya senyawa-senyawa yang bersifat termolabil (*Mukhriani, 2014*).

II.3.2. *Ultrasound - Assisted Solvent Extraction*

Merupakan metode maserasi yang dimodifikasi dengan menggunakan bantuan *ultrasound* (sinyal dengan frekuensi tinggi, 20 kHz). Wadah yang berisi serbuk sampel ditempatkan dalam wadah ultrasonik dan *ultrasound*. Hal ini dilakukan untuk memberikan tekanan mekanik pada sel hingga menghasilkan rongga pada sampel. Kerusakan sel dapat menyebabkan peningkatan kelarutan senyawa dalam pelarut dan meningkatkan hasil ekstraksi (*Mukhriani, 2014*).

II.3.3. Perkolasi

Pada metode perkolasi, serbuk sampel dibasahi secara perlahan dalam sebuah perkolator (wadah silinder yang dilengkapi dengan kran pada bagian bawahnya). Pelarut ditambahkan pada bagian atas serbuk sampel dan dibiarkan menetes perlahan pada bagian bawah. Kelebihan dari metode ini adalah sampel senantiasa dialiri oleh pelarut baru. Sedangkan kerugiannya adalah jika sampel dalam perkolator tidak homogen maka pelarut akan sulit menjangkau seluruh area. Selain itu, metode ini juga membutuhkan banyak pelarut dan memakan banyak waktu (*Mukhriani, 2014*).

II.3.4. Soxhlet

Metode ini dilakukan dengan menempatkan serbuk sampel dalam sarung selulosa (dapat digunakan kertas saring) dalam klonsong yang ditempatkan di atas labu dan di bawah kondensor. Pelarut yang sesuai dimasukkan ke dalam labu dan suhu penangas diatur di bawah suhu *reflux*. Keuntungan dari metode ini adalah proses ekstraksi yang kontinyu, sampel terekstraksi oleh pelarut murni hasil kondensasi sehingga tidak membutuhkan banyak pelarut dan tidak memakan banyak waktu. Kerugiannya adalah senyawa yang bersifat termolabil dapat terdegradasi karena ekstrak yang diperoleh terus-menerus berada pada titik didih (*Mukhriani, 2014*).



II.3.5. *Reflux* dan Destilasi Uap

Pada metode *reflux*, sampel dimasukkan bersama pelarut ke dalam labu yang dihubungkan dengan kondensor. Pelarut dipanaskan hingga mencapai titik didih. Uap terkondensasi dan kembali ke dalam labu. Destilasi uap memiliki proses yang sama dan biasanya digunakan untuk mengekstraksi minyak esensial (campuran berbagai senyawa menguap). Selama pemanasan, uap terkondensasi dan destilat (terpisah sebagai 2 bagian yang tidak saling bercampur) ditampung dalam wadah yang terhubung dengan kondensor. Kerugian dari kedua metode ini adalah senyawa yang bersifat termolabil dapat terdegradasi (Mukhriani, 2014).

II.4. Gelombang *Microwave*

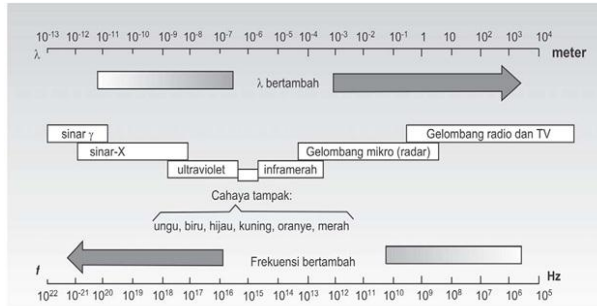
Daerah gelombang mikro pada spektrum elektromagnetik terletak di antara radiasi infra merah dan frekuensi radio dengan panjang gelombang 1 cm - 1 m dan frekuensi 30 GHz – 300 MHz yang disajikan pada Gambar II.5. Pada oven *microwave* komersial biasanya digunakan frekuensi 2450 MHz dengan panjang gelombang 12 cm. Meskipun pada oven *microwave* terdapat lubang-lubang berdiameter kecil di sisinya, gelombang mikro tersebut tidak akan mampu melewatinya selama diameter lubang tersebut masih jauh di bawah panjang gelombangnya. Oleh sebab itu kemungkinan lolosnya energi ke lingkungan menjadi sangat kecil. Gelombang mikro dihasilkan dari dua medan *perpendicular* yang berosilasi misalnya medan listrik dan medan magnet (Kurniasari et al., 2008).

Menurut Kurniasari et al. (2008), pada dasarnya *microwave* terbagi menjadi empat komponen dasar, yakni:

1. Generator *microwave*: magnetron, komponen yang menghasilkan energi gelombang mikro
2. Pengarah gelombang (*wave guide*), komponen ini akan mempropagasi gelombang mikro dari sumbernya ke *cavity microwave*
3. Aplikator, merupakan ruangan bagi umpan



4. Sirkulator, komponen ini akan menyebabkan gelombang mikro akan bergerak hanya ke arah depan



Gambar II.5 Spektrum Gelombang

Prinsip pemanasan menggunakan gelombang mikro adalah berdasarkan tumbukan langsung dengan material polar atau *solvent* dan diatur oleh dua fenomena yaitu konduksi ionik dan rotasi dipol. Dalam sebagian besar kasus, kedua fenomena tersebut berjalan secara simultan. Konduksi ionik mengacu pada migrasi elektrophoretik ion dalam pengaruh perubahan medan listrik. Resistansi yang ditimbulkan oleh larutan terhadap proses migrasi ion menghasilkan friksi yang akan memanaskan larutan. Rotasi dipol merupakan pengaturan kembali dipol-dipol molekul akibat medan listrik yang terus berubah dengan cepat. Proses pemanasan hanya akan terpengaruh pada frekuensi 2450 MHz. Komponen elektrik gelombang berubah 4-9 10^4 kali per detik (Kurniasari et al., 2008).

Salah satu sumber yang dapat menghasilkan panas dalam waktu cepat dan memiliki fungsi kontrol suhu yang sangat baik adalah penggunaan gelombang mikro (*microwave*). Penggunaan gelombang mikro sebagai sumber energi alternatif ini merupakan terobosan baru yang dapat membuat waktu destilasi menjadi jauh lebih cepat. Molekul-molekul ini akan menyerap energi elektromagnetik tersebut. Proses penyerapan energi ini disebut sebagai pemanasan dielektrik (*dielectric heating*). Molekul-molekul pada makanan bersifat elektrik dipol (*electric dipoles*),



artinya molekul tersebut memiliki muatan negatif pada satu sisi dan muatan positif pada sisi yang lain. Akibatnya, dengan kehadiran medan elektrik yang berubah-ubah yang diinduksikan melalui gelombang mikro pada masing-masing sisi akan berputar untuk saling mensejajarkan diri satu sama lain. Pergerakan molekul ini akan menciptakan panas seiring dengan timbulnya gesekan antara molekul yang satu dengan molekul lainnya. Energi panas yang dihasilkan oleh peristiwa inilah yang berfungsi sebagai agen pemanasan di dalam *microwave* (Kurniasari *et al.*, 2008).

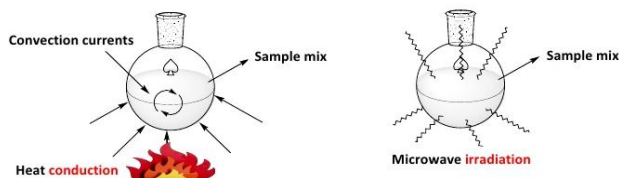
Dari penjelasan di atas, pemanasan menggunakan *microwave* melibatkan tiga kali konversi energi, yaitu konversi energi listrik menjadi energi elektromagnetik, konversi energi elektromagnetik menjadi energi kinetik, dan konversi energi kinetik menjadi energi panas. Proses pemanasan menggunakan *microwave* berlangsung mulai dari luar permukaan bahan. Selanjutnya pemanasan akan berlangsung secara konduksi sehingga bagian dalam bahanpun akan turut terpanaskan (Kurniasari *et al.*, 2008).

Poin kunci yang menjadikan energi gelombang mikro menjadi alternatif yang menarik guna menggantikan proses pemanasan konvensional adalah bahwa pada proses pemanasan konvensional, proses pemanasan terjadi melalui gradien panas, sedangkan pada pemanasan menggunakan gelombang mikro (*microwave*), pemanasan terjadi melalui interaksi langsung antara material dengan gelombang mikro. Perbedaan profil temperatur pada pemanasan konvensional dan pemanasan menggunakan gelombang mikro disajikan pada Gambar II.6. Hal tersebut mengakibatkan transfer energi berlangsung lebih cepat, dan berpotensi meningkatkan kualitas produk (Kurniasari *et al.*, 2008).

MAE semakin menjadi alternatif bagi ekstraksi *Soxhlet* konvensional, yang biasanya memerlukan waktu yang lama dan jumlah pelarut yang banyak. Keuntungan MAE lebih berkaitan dengan titik didih yang tinggi dari pelarut yang digunakan untuk ekstraksi karena kenaikan tekanan. Pada proses MAE, ekstraksi



dengan hasil yield yang tinggi dikarenakan hasil kombinasi sinergis dari dua proses perpindahan yang terjadi yaitu : gradien perpindahan panas dan massa terjadi pada arah yang sama. Sedangkan pada proses ekstraksi secara konvensional perpindahan masa terjadi dari dalam menuju luar, meskipun perpindahan panas terjadi dari luar ke dalam (Chemat *et al.*, 2008).



Gambar II.6 Profil *Temperature* pada Pemanasan *Microwave* dan Konvensional

Pada dasarnya pemanasan dengan menggunakan metode konvensional (konduksi dan konveksi) membuat perbedaan suhu yang tidak merata. Penjalaran panas secara konvensional berlangsung secara seri dan terbatas oleh besar kecilnya koefisien perpindahan panas. Hal ini yang membedakan antara pemanasan dengan menggunakan metode konvensional dengan gelombang mikro (Chemat *et al.*, 2008).

II.5 Gelombang Ultrasonik

Penggunaan gelombang ultrasonik sebagai sarana utama merangsang reaksi dan proses kimia telah dikenal selama bertahun-tahun. Metode yang aman dari rasiasi ini telah menjadi semakin populer selama dua dekade terakhir seiring dengan munculnya metode-metode stimulus seperti oven *microwave*, fotokimia, elektrokimia, atau tekanan tinggi dalam pencarian metode yang lebih ramah lingkungan. Dalam membantu proses kimia, ultrasonik pada umumnya dikaitkan dengan keamanan, hemat energi, penggunaan pada kondisi *ambient*, pencegahan limbah, dan meningkatkan proses perpindahan massa (Chen *et al.*, 2012).



Untuk mengetahui besar energi dalam pemakaian gelombang ultrasonik dapat kita gunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned}\text{Rumus :} \quad c &= f \times \lambda \\ E &= f \times h \\ E &= \frac{c}{\lambda} \times h\end{aligned}$$

Keterangan : C = Cepat rambat GEM
 f = Frekuensi
 λ = Panjang gelombang
 h = $6,6 \times 10^{-34}$ J.s \longrightarrow Tetapan Planck
 E = Energi

Suara meliputi gelombang dikirimkan melalui media gas, cair atau padat sebagai siklus kompresi (pemampatan) dan ekspansi (perluasan). Gelombang tersebut memiliki frekuensi dimana pada umumnya manusia dapat merasakan kisaran 10 Hz – 18 kHz. Sedangkan frekuensi gelombang ultrasonik diatas 18 kHz (Chen et al., 2012).

Gelombang ultrasonik dibagi menjadi dua yaitu *conventional power ultrasound* yang memiliki frekuensi diatas 100 kHz dan *diagnostic ultrasound* yang memiliki rentang frekuensi dari 1-10 MHz. Penggunaan gelombang ultrasonik banyak membantu dalam proses-proses kimia contohnya mereduksi waktu ekstraksi nikotin dari 24 jam menjadi kurang lebih 20 menit (Chen et al., 2012).

II.6 Penelitian Sebelumnya

Penelitian terhadap ekstraksi minyak atsiri dari jahe sudah pernah dilakukan diantaranya sebagai berikut :

1. Mesomo et al. (2013), menggunakan metode *Hydrodistillation* dan *Supercritical CO₂* untuk mengekstrak minyak esensial jahe (*Zingiber officinale R.*). Metode *Hydrodistillation* menggunakan *Clevenger-type apparatus* untuk mengekstrak 25 gram rimpang jahe kering dalam 1000 cm³ air. Dengan kondisi operasi ekstraksi yaitu temperatur $\pm 370,15$ K dan tekanan $\pm 94 \times 10^{-3}$ MPa selama



180 menit. Yield minyak jahe yang dihasilkan sebesar 1,79 wt% dengan komponen yang paling banyak kadarnya yaitu α -curcumene, β -bisabolene, geranial, dan camphene. *Hydrodistillation* merupakan metode dengan proses dan peralatan yang digunakan cukup sederhana dan cukup praktis.

Namun, metode ini mempunyai kekurangan yaitu membutuhkan waktu ekstraksi yang lama, menggunakan energi yang besar, dan senyawa *volatile* juga berpotensi hilang selama proses ekstraksi. Kemudian dilakukan pengembangan metode *Supercritical Fluid Extraction* (SFE) dengan pelarut CO_2 yang digunakan untuk mengekstrak 40 gram jahe kering. Dengan kondisi operasi ekstraksi yang optimum yaitu temperatur 333,15 K dan tekanan 25 MPa selama 180 menit Yield minyak jahe yang dihasilkan sebesar 2,62 wt% dengan komponen yang paling banyak kadarnya yaitu α -zingiberene, β -sesquiphellandrene, α -curcumene, α -farnesene, dan β -bisabolene. Metode ini dapat meminimalisir waktu ekstraksi, mengurangi penggunaan pelarut, CO_2 bersifat tidak beracun dan ramah lingkungan. Namun, metode ini mempunyai kekurangan yaitu peralatan yang digunakan mahal dengan penerapan yang terbatas.

2. Paisooksantivatana & Bua-in (2009), melakukan ekstraksi pada 100 gram *Zingiber montanum* menggunakan metode ME (power 800 watt dan frekuensi 2450 MHz) dalam 800 mL air selama 60 menit. Yield yang dihasilkan sebesar 11,07 mL/kg. Kelebihan dari *Microwave Extraction* adalah penggunaan pelarut dan waktu ekstraksi lebih rendah, namun efisiensi ekstraksi rendah dan waktu ekstraksi masih relative lama.
3. Yu et al. (2007), menggunakan metode MDSS-PM untuk mengekstrak minyak esensial jahe (*Zingiber officinale*). Kondisi optimum dalam proses ekstraksi adalah 65 μm PDMS/DVB SPME fiber, power microwave 400 watt, dan



waktu iradiasi 2 menit. Kadar *zingiberene* yang dihasilkan sebesar 15,48%. Kelebihan dari MDSS-PM yaitu waktu ekstraksi yang cepat dan tidak menggunakan pelarut, namun penerapan metode ini terbatas.

Sansan et al. (2012) dalam paten CN102676299A, dilakukan proses ekstraksi minyak lavender dengan metode *Ultrasonic Steam Extraction*. Metode ini menghasilkan ekstrak minyak lavender lebih banyak yaitu dua kali dari hasil ekstraksi menggunakan metode distilasi uap konvensional dan waktu yang dibutuhkan lebih cepat, namun energi yang digunakan masih cukup besar.

Dari ketiga jurnal di atas bahwa metode yang paling efisien dan baik yaitu metode *Microwave Distillation and Simultaneous Solid-Phase Microextraction* (MDSS-PM). Akan tetapi energi yang dibutuhkan masih tinggi, sehingga pada penelitian ini akan ditambahkan gelombang ultrasonik untuk mendapatkan proses yang lebih efisien dengan energi yang sedikit dan menghasilkan yield yang tinggi dengan kualitas yang baik.

BAB III

METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK

III.1 Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan inovasi ini menggunakan bahan-bahan sebagai berikut :

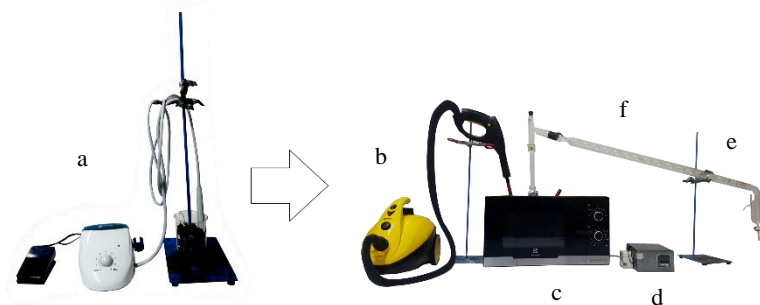
- | | |
|---------------------|---------|
| 1. Jahe putih kecil | 21,7 kg |
| 2. <i>Aquadest</i> | 24 L |

III.2 Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan inovasi ini diantaranya sebagai berikut :

- | | | | |
|----------------------|--------|---------------------------|--------|
| 1. Erlenmeyer 500 ml | 2 unit | 6. Pipet tetes | 2 unit |
| 2. Gelas ukur 5 ml | 2 unit | 7. Statif dan klem holder | 2 unit |
| 3. Kondensor | 1 unit | 8. <i>Steam generator</i> | 1 unit |
| 4. Labu leher tiga | 2 unit | 9. <i>Thermo couple</i> | 1 unit |
| 5. <i>Microwave</i> | 1 unit | 10. Ultrasonik sonode | 1 unit |

Metode yang digunakan dalam penelitian ini memiliki rancangan alat penelitian seperti pada **Gambar III.1** di bawah ini:



Gambar III.1 Skema Peralatan *Microwave-Ultrasonic Steam Diffusion*



Berikut ini keterangan dari **Gambar III.1** yaitu:

- | | |
|---------------------------|--------------------|
| a. Ultrasonik Sonode | e. Statif dan klem |
| b. <i>Steam Generator</i> | f. Kondensor |
| c. <i>Microwave</i> | g. Gelas ukur |
| d. <i>Thermo Couple</i> | |

Penjelasan dari peralatan percobaan dengan metode MUSDF dan MSDf yaitu :

a. Ultrasonik Sonode

Ultrasonik sonode berfungsi sebagai alat penghasil gelombang ultrasonik yang membantu proses pengambilan minyak. Alat penghasil gelombang ultrasonik terdiri dari generator ultrasonik yang berfungsi untuk membangkitkan gelombang ultrasonik, pengatur amplitudo untuk mengatur besarnya amplitudo yang digunakan, saklar *high* dan *low* frekuensi untuk mengatur tinggi dan rendahnya frekuensi, dan tanduk getar yang berfungsi untuk mengeluarkan getaran.

Spesifikasi :

- Merk : Woodpecker USD-J
- Power Supply Input : 220-240V~50Hz/60Hz 150 mA
- Main Unit Input : 24V~50Hz/60Hz 1.3A
- Output Power : 3W – 20W
- Frekuensi : 30 kHz \pm 3kHz

b. *Steam Generator*

Steam generator berfungsi sebagai pemanas, penyuplai pelarut dan membawa minyak jahe yang tidak dapat terangkat atau terkondensasi.

Spesifikasi :

- Merk : Krisbow
- *Power voltage* : 230 V
- *Power* : 1600 – 1800 W
- Tekanan : 3,5 bar

c. *Microwave*

Microwave berfungsi pemanas dalam pengambilan minyak jahe putih kecil.



Spesifikasi :

- Merk : Electrolux EMM2308X
- Daya output : 450 Watt
- Frekuensi : 2450 MHz
- Panjang gelombang : 24 cm

d. Thermo Couple

Thermo couple berfungsi sebagai alat pengendali suhu agar tidak terjadi *overheating* dalam proses pengambilan.

Spesifikasi :

- Tipe Sensor : Thermocouple type K
- Tipe Controller : Autonics TC4S-14R
- Power Supply : 100 – 240 VAC 50/60 Hz

e. Statif dan klem

Statif dan klem berfungsi sebagai penyangga kondensor.

f. Kondensor

Kondensor berfungsi sebagai alat yang mengubah fase *vapor* menjadi fase *liquid* (minyak).

III.3 Variabel Percobaan

Kondisi operasi pada saat pelaksanaan penelitian yaitu sebagai berikut :

- Tekanan operasi sebesar 1 atm.
- Frekuensi ultrasonik sebesar 30 kHz untuk metode *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion* (MUSDf).
- Waktu operasi ultrasonik selama 30 menit.

Variabel percobaan yang digunakan dalam inovasi ini, yaitu :

1. Membandingkan metode pengambilan minyak yang digunakan yaitu *Steam Diffusion* (SDf), *Microwave Extraction* (ME), *Microwave Steam Diffusion* (MSDf) dan *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion* (MUSDf).
2. Waktu operasi : 30 menit, 50 menit, 70 menit, 90 menit, dan 110 menit
3. Suhu operasi : 90⁰C, 95⁰C, 100⁰C, dan 105⁰C.

**Tabel III.1** Perbandingan Metode Sdf, ME, MSDf dan MUSDF dengan Variasi Waktu Operasi.

Suhu (°C)	Variabel (menit)	Sdf Yield (ml/gr kering)	ME Yield (ml/gr kering)	MSDf Yield (ml/gr kering)	MUSDF Yield (ml/gr kering)
100	30	Q ₃₀	R ₃₀	S ₃₀	T ₃₀
	50	Q ₅₀	R ₅₀	S ₅₀	T ₅₀
	70	Q ₇₀	R ₇₀	S ₇₀	T ₇₀
	90	Q ₉₀	R ₉₀	S ₉₀	T ₉₀
	110	Q ₁₁₀	R ₁₁₀	S ₁₁₀	T ₁₁₀

Tabel III.2 Perbandingan Metode MUSDF dan MSDf dengan Variasi Suhu Operasi

Waktu (menit)	Variabel (°C)	MUSDF Yield (ml/gr kering)	MSDf Yield (ml/gr kering)
Waktu optimum dari Tabel III.1	90	U ₉₀	S ₉₀
	95	U ₉₀	S ₉₀
	100	U ₉₀	S ₉₀
	105	U ₉₀	S ₉₀

Tabel III.3 Perbandingan Konsumsi Energi pada Metode MUSDF dan MSDf

Plant	MUSDF	MSDf
Waktu Operasi	Y ₁	Y ₂
Yield	T ₁	T ₂
Daya Input Total	W ₁	W ₂
Konsumsi Energi	P ₁	P ₂
Cost	C ₁	C ₂

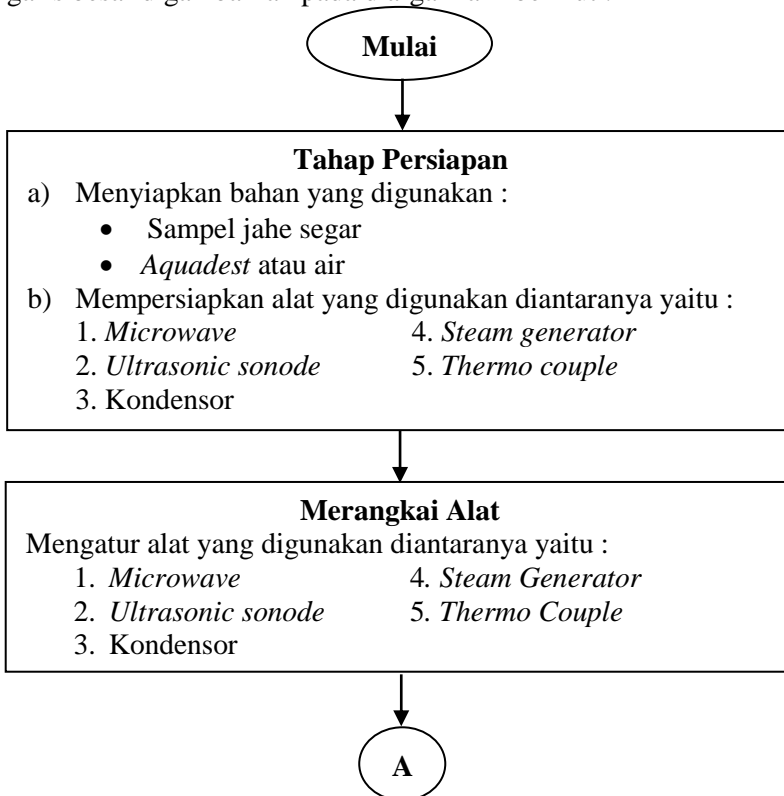
III.4 Prosedur Penelitian

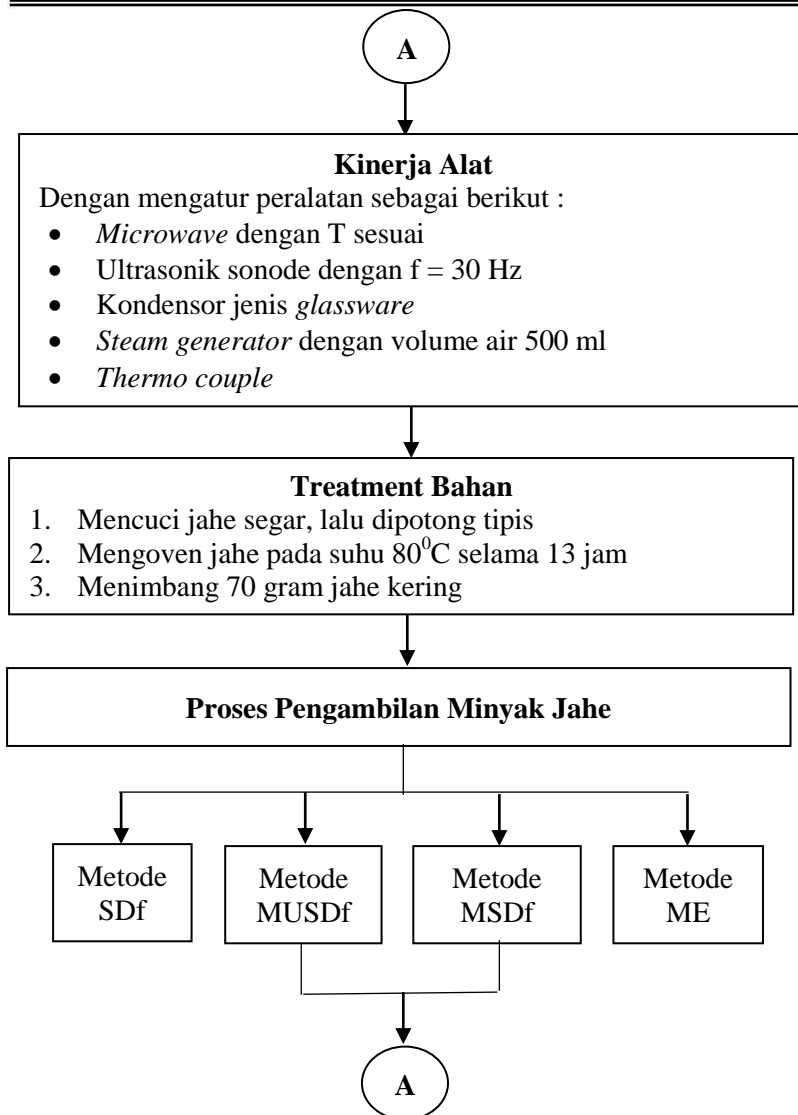
Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimen. Pendekatan eksperimen dilakukan untuk mempelajari pengaruh gelombang ultrasonik pada pengambilan minyak jahe putih kecil

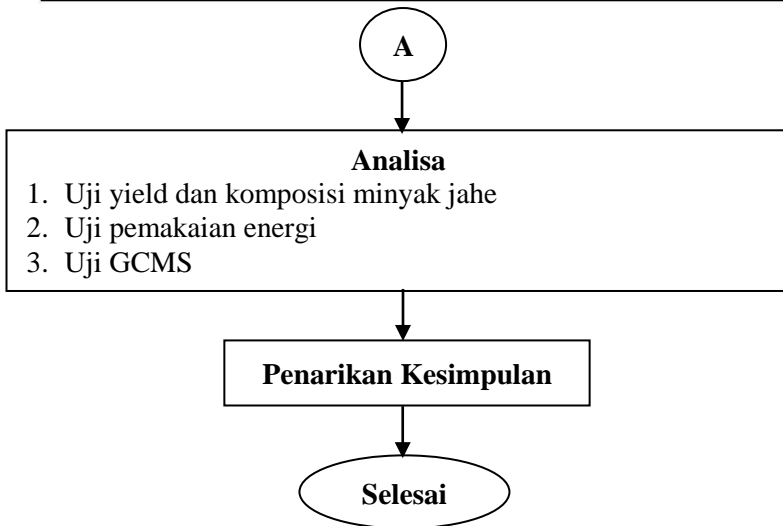


dengan menggunakan metode *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion* (MUSDf).

Adapun metode pelaksanaan yang digunakan, secara garis besar digambarkan pada diagram alir berikut :







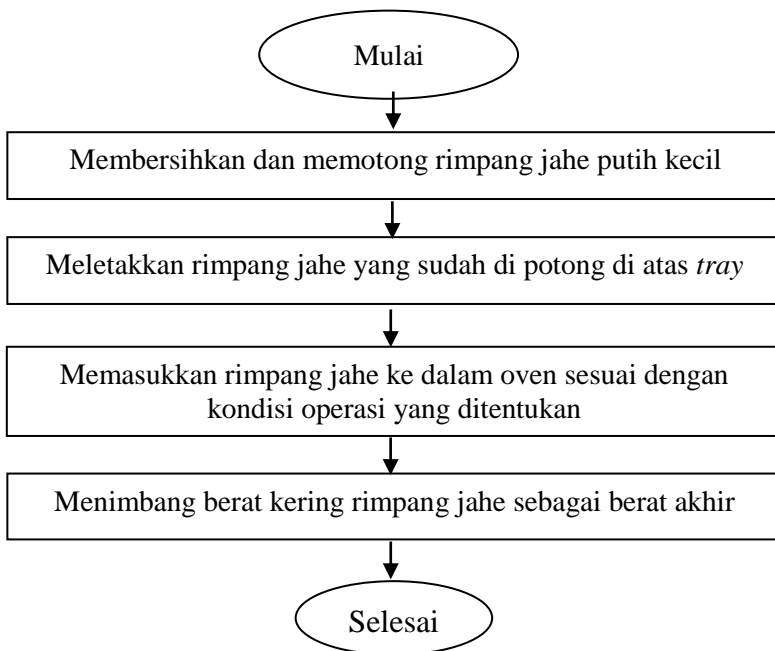
III.4.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan penelitian berupa studi literatur yang berkaitan dengan perancangan inovasi produk seperti karakteristik dari minyak atsiri jahe, *pretreatment* bahan jahe yang tepat untuk mendapatkan hasil yang maksimal dan metode pengambilan minyak jahe. Setelah dilakukan studi literature, dilakukan penyusunan variable serta kondisi operasi yang tepat. Pada tahap ini juga dilakukan observasi laboratorium mengenai peralatan dan bahan yang dibutuhkan.



III.4.2 Tahap Penelitian

III.4.2.1 Proses *Pre-treatment* Bahan Baku



Berikut adalah penjelasan dari diagram alir proses *pretreatment* bahan baku :

1. **Membersihkan dan memotong rimpang jahe putih kecil**

Pada tahap ini rimpang jahe dibersihkan dari kotorannya. Hal ini dikarenakan kotoran seperti tanah memperlambat proses pemanasan dan tidak mengandung minyak jahe. Pembersihan rimpang jahe juga bertujuan untuk memilah rimpang jahe yang masih dapat digunakan dan tidak. Kemudian, rimpang jahe yang telah dibersihkan dipotong kecil agar dapat dimasukkan ke dalam labu leher 3 dan untuk mempercepat proses pengeringan. Tahap ini dapat ditunjukkan dalam gambar A.1.



2. **Meletakkan rimpang jahe yang sudah dipotong di atas *tray***
Rimpang jahe yang telah dipotong diletakkan di atas *tray* secara merata. Hal ini bertujuan agar pengeringan pada rimpang jahe dapat merata. Tahap ini ditunjukkan dalam gambar A.2.
3. **Meletakkan rimpang jahe ke dalam oven sesuai dengan kondisi operasi yang ditentukan**
Tray yang berisi rimpang jahe dimasukkan dalam oven untuk dikeringkan. Pengeringan ini dilakukan selama 12 jam pada suhu 80°C dengan tekanan 1 atm. Pengeringan ini bertujuan untuk menghilangkan kadar air hingga maksimal kadar air dalam kulit jeruk sebesar kurang dari 10%. Proses ini dapat ditunjukkan dalam gambar A.3.
4. **Menimbang berat kering rimpang jahe sebagai berat akhir**
Rimpang jahe yang telah di oven kemudian ditimbang untuk mendapatkan massa rimpang jahe kering. Pada tahap ini dapat ditunjukkan dalam A.4.

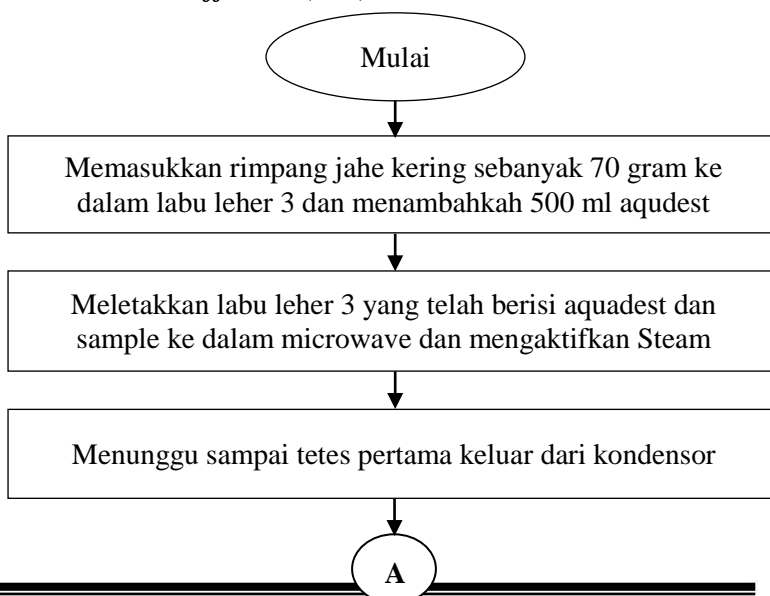


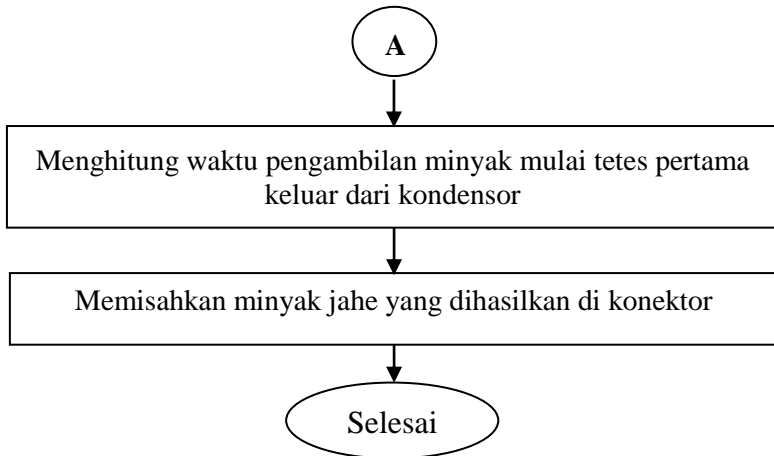


Gambar III.2 Proses *Pre-Treatment* Bahan Baku Rimpang Jahe Putih Kecil

III.4.2.2 Proses Pengambilan Minyak Jahe

III.4.2.2.1 Proses Pengambilan Minyak Jahe dengan Metode *Steam Diffusion* (Sdf)





Berikut penjelasan dari diagram alir proses pengambilan minyak jahe dengan metode *Steam Diffusion* (SDf) :

1. Memasukkan jahe putih kecil kering sebanyak 70 gr ke dalam labu leher 3

Pada tahap ini jahe putih kecil kering sebelumnya ditimbang 70 gr kemudian dimasukkan ke dalam labu leher 3 seperti pada gambar B.1. Setelah itu ditambahkan aquadest sebanyak 500 mL untuk membantu dalam proses pengambilan minyak awal seperti pada gambar B.2.

2. Meletakkan labu leher 3 yang telah berisi jahe putih kecil kering pada *microwave* dan mengaktifkan *steam* sebagai pemanasnya

Labu leher 3 yang telah berisi jahe putih kecil kering kemudian dimasukkan ke dalam *microwave*. *Microwave* berfungsi sebagai tempat dan tanpa dinyalakan. Kemudian mengaktifkan *Steam Generator* yang berfungsi sebagai pemanas, penyuplai pelarut dan membawa minyak jahe yang tidak dapat terangkat atau terkondensasi. Proses Pengambilan minyak ini berlangsung pada suhu 100⁰C dan tekanan 1 atm seperti pada gambar B.3.

**3. Menunggu sampai tetes pertama keluar dari kondensor**

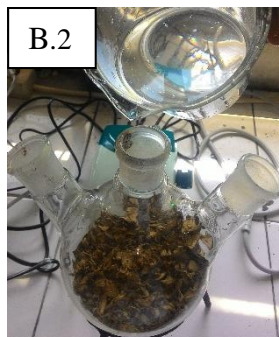
Selama proses pengambilan minyak akan terbentuk uap air dan minyak jahe yang kemudian dikondensasi oleh kondensor. Saat pertama kali keluar tetesan campuran air dan minyak. *Steam generator* dioperasikan maksimal 50 menit yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan alat akibat *overheating*. Dan menyalakan kembali steam setelah 10 menit untuk melanjutkan proses pengambilan minyak.

4. Menghitung waktu pengambilan minyak mulai tetes pertama keluar dari kondensor

Saat pertama kali keluar tetesan pertama dari kondensor maka *stopwatch* dinyalakan. Kemudian menghentikan proses pengambilan minyak setelah variabel waktu tercapai.

5. Memisahkan minyak jahe yang dihasilkan di konektor

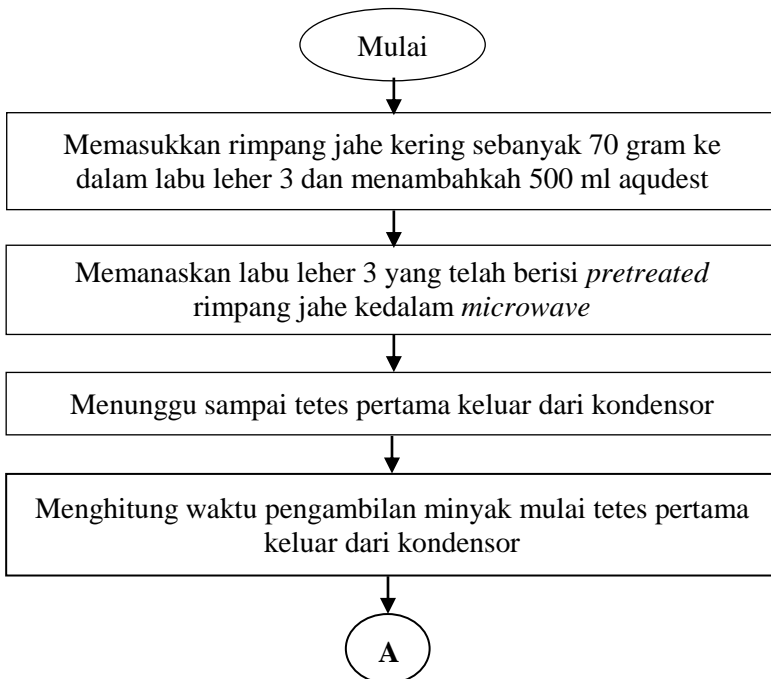
Pada proses ini minyak jahe dipisahkan antara minyak dan air secara perlahan. Tahap ini ditunjukkan dalam gambar B.4.

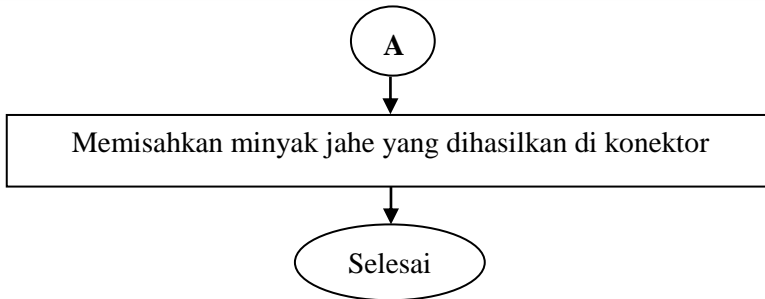




Gambar III.3 Proses Pengambilan Minyak Jahe dengan Metode *Steam Diffusion* (SDf)

III.4.2.2.2 Proses Pengambilan Minyak Jahe dengan Metode *Microwave Extraction* (ME)





Berikut penjelasan dari diagram alir proses pengambilan minyak jahe dengan metode *Microwave Extraction* (ME) :

1. Memasukkan jahe putih kecil kering sebanyak 70 gr ke dalam labu leher 3

Pada tahap ini jahe putih kecil kering sebelumnya ditimbang 70 gr kemudian dimasukkan ke dalam labu leher 3 seperti pada gambar C.1. Setelah itu ditambahkan aquadest sebanyak 500 mL untuk membantu dalam proses pengambilan minyak awal seperti pada gambar C.2.

2. Memanaskan labu leher 3 yang telah berisi jahe putih kecil kering pada *microwave*

Labu leher 3 yang telah berisi jahe putih kecil kering kemudian dimasukkan ke dalam *microwave*. *Microwave* berfungsi sebagai pemanas. Proses pengambilan minyak ini berlangsung pada suhu 100⁰C dan tekanan 1 atm seperti pada gambar C.3.

3. Menunggu sampai tetes pertama keluar dari kondensor

Selama proses pengambilan minyak akan terbentuk uap air dan minyak jahe yang kemudian dikondensasi oleh kondensor. Saat pertama kali keluar tetesan campuran air dan minyak. *Steam generator* dioperasikan maksimal 50 menit yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan alat akibat *overheating*. Dan menyalakan kembali steam setelah 10 menit untuk melanjutkan proses ekstraksi.

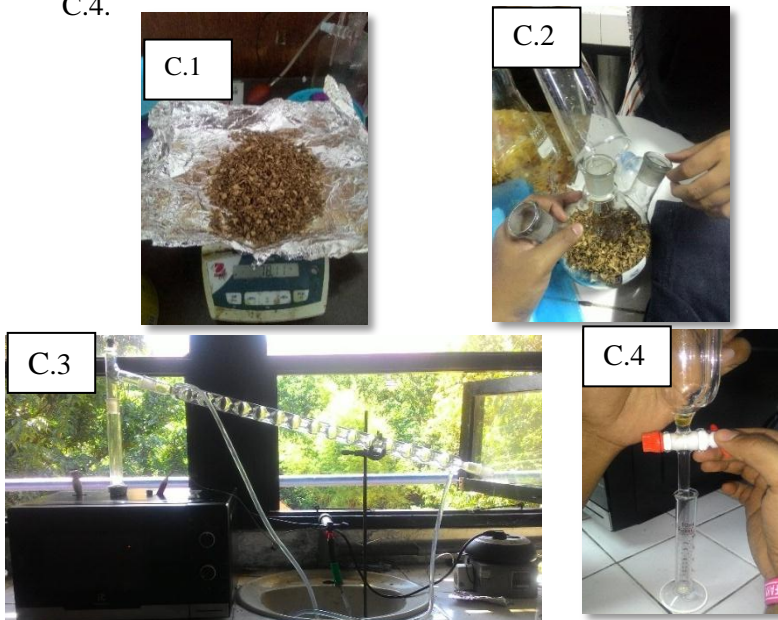


4. Menghitung waktu pengambilan minyak mulai tetes pertama keluar dari kondensor

Saat pertama kali keluar tetesan pertama dari kondensor maka *stopwatch* dinyalakan. Kemudian menghentikan proses pengambilan minyak setelah variabel waktu tercapai.

5. Memisahkan minyak jahe yang dihasilkan di konektor

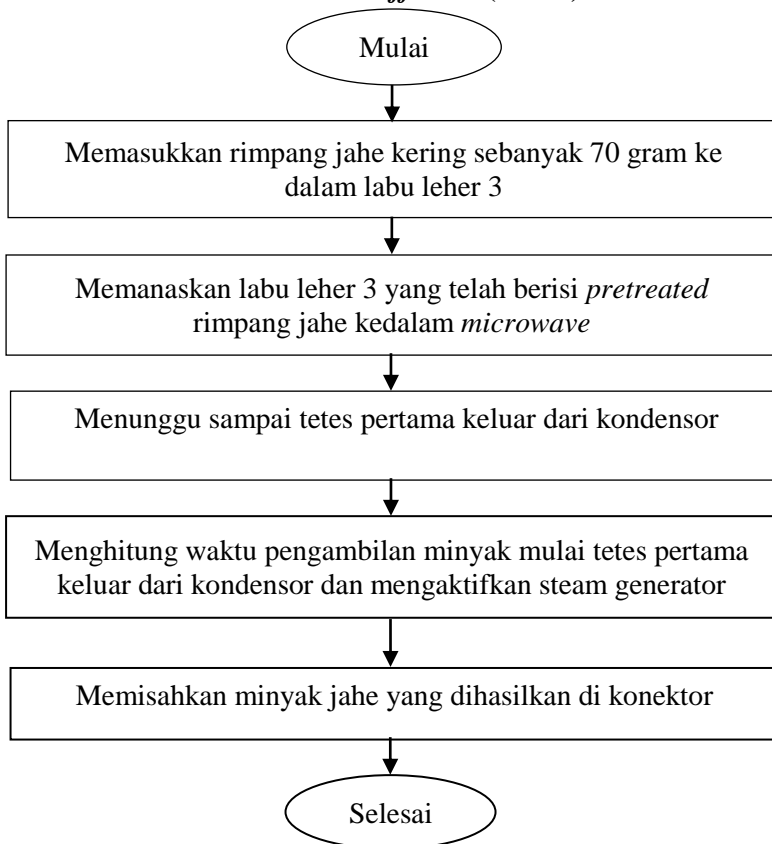
Pada proses ini minyak jahe dipisahkan antara minyak dan air secara perlahan. Tahap ini ditunjukkan dalam gambar C.4.



Gambar III.4 Proses Pengambilan Minyak Jahe dengan Metode *Microwave Extraction*



III.4.2.2.3 Proses Pengambilan Minyak Jahe dengan Metode *Microwave Steam Diffusion* (MSDf)



Berikut penjelasan dari diagram alir proses pengambilan minyak jahe dengan metode *Microwave Steam Diffusion* (MSDf):

1. Memasukkan jahe putih kecil kering sebanyak 70 gr ke dalam labu leher 3

Pada tahap ini jahe putih kecil kering sebelumnya ditimbang sebanyak 70 gram kemudian dimasukkan ke dalam labu leher 3 seperti pada gambar D.1. Kemudian ditambahkan *aquadest*



sebanyak 500 mL untuk membantu dalam proses pengambilan minyak awal seperti pada gambar D.2.

2. Memanaskan labu leher 3 yang telah berisi jahe putih kecil pada *microwave*

Labu leher 3 yang telah berisi jahe putih kecil kering kemudian dimasukkan ke dalam *microwave*. *Microwave* berfungsi sebagai pemanas. Proses pengambilan minyak ini berlangsung pada suhu 100°C dan tekanan 1 atm seperti pada gambar D.3.

3. Menunggu sampai tetes pertama keluar dari kondensor.

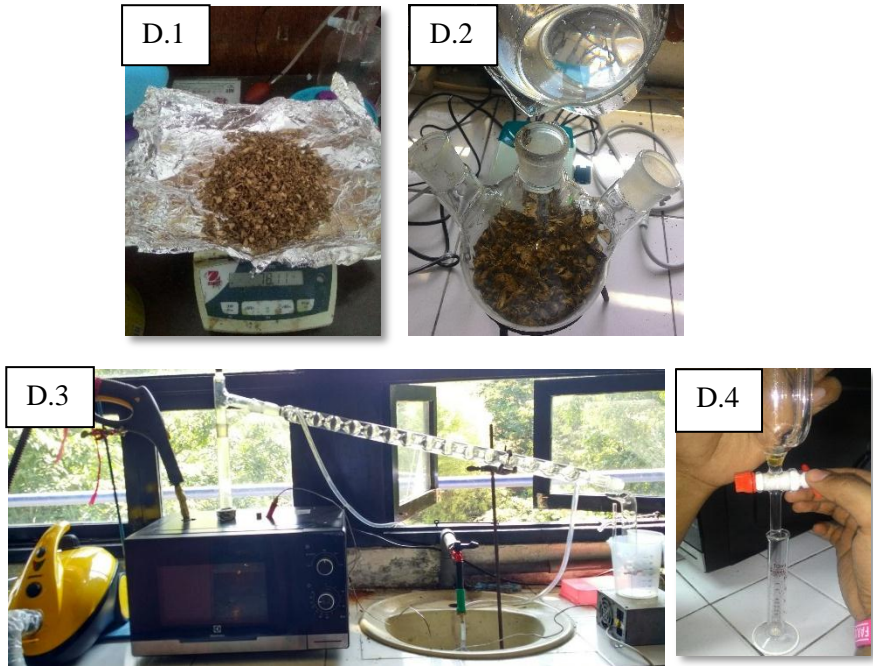
Selama proses pengambilan minyak akan terbentuk uap air dan minyak jahe yang kemudian dikondensasi oleh kondensor. Saat pertama kali keluar tetesan campuran air dan minyak. Kemudian, menghidupkan *steam generator*. *Steam generator* berfungsi untuk membawa minyak jeruk yang tidak dapat terangkat atau terkondensasi. Suhu *steam* yang dihasilkan sebesar 90-100°C. *Steam generator* dioperasikan maksimal 50 menit yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan akibat *overheating*.

4. Menghitung waktu pengambilan minyak mulai tetes pertama keluar dari kondensor

Saat pertama kali keluar tetesan pertama dari kondensor maka *stopwatch* dinyalakan sesuai dengan variabel waktu pengambilan minyak yaitu sebesar 30, 50, 70, 90, dan 110 menit. Kemudian menghentikan proses pengambilan minyak setelah variabel waktu tercapai.

5. Memisahkan minyak jahe yang dihasilkan di konektor

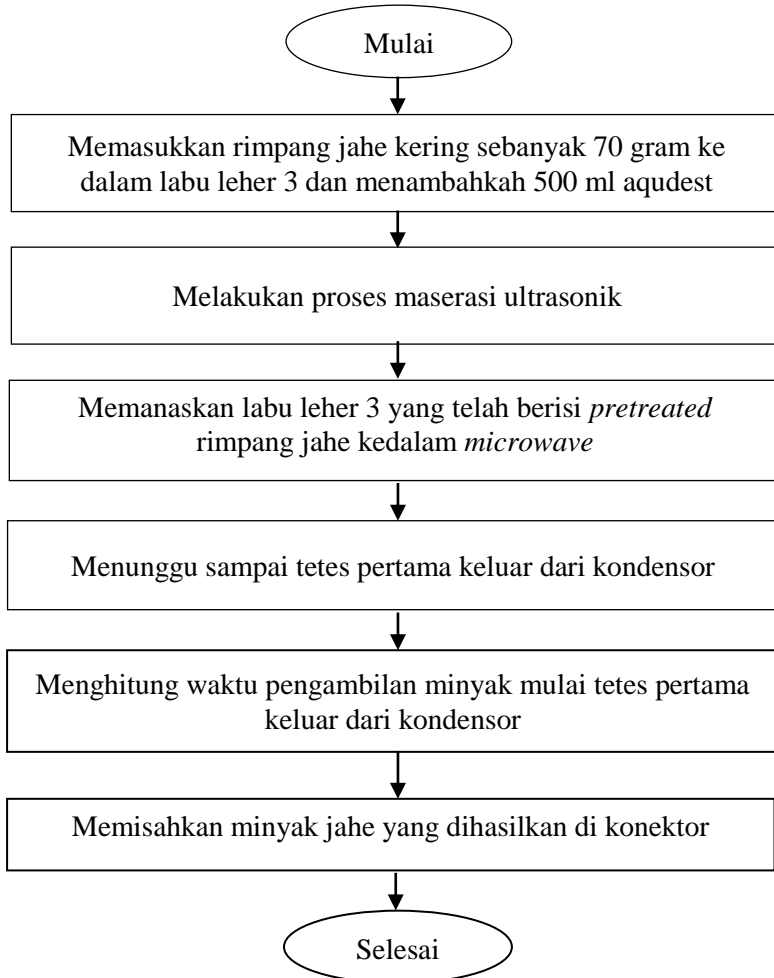
Pada proses ini minyak jahe dipisahkan antara minyak dan air secara perlahan. Tahap ini ditunjukkan dalam gambar D.4.



Gambar III.5 Proses Pengambilan Minyak Jahe dengan Metode *Microwave Steam Diffusion*



III.4.2.2.4 Proses Pengambilan Minyak Jahe dengan Metode *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion* (MUSDF)





Berikut penjelasan dari diagram alir proses pengambilan minyak jahe dengan metode *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion* (MUSDF) :

1. Memasukkan jahe putih kecil kering sebanyak 70 gr ke dalam labu leher 3

Pada tahap ini jahe putih kecil kering sebelumnya ditimbang 70 gr kemudian dimasukkan ke dalam labu leher 3 seperti pada gambar E.1. Setelah itu ditambahkan aquadest sebanyak 500 mL untuk membantu dalam proses pengambilan minyak awal seperti pada gambar E.2.

2. Melakukan proses maserasi ultrasonik

Labu leher 3 yang telah berisi jahe putih kecil kering dan *aquadest* kemudian di maserasi dengan alat ultrasonik yang berfungsi untuk membantu memecah dinding sel jahe agar mempercepat proses pengambilan minyak *microwave*. Proses ini dioperasikan selama 30 menit dengan frekuensi sebesar 30 kHz. Tahap ini ditunjukkan pada gambar E.3.

3. Memanaskan labu leher 3 yang telah berisi jahe putih kecil kering pada *microwave*

Labu leher 3 yang telah berisi jahe putih kecil kering kemudian dimasukkan ke dalam *microwave*. *Microwave* berfungsi sebagai pemanas. Proses ini berlangsung pada suhu 100°C dan tekanan 1 atm seperti pada gambar E.4.

4. Menunggu sampai tetes pertama keluar dari kondensor

Selama proses pengambilan minyak akan terbentuk uap air dan minyak jahe yang kemudian dikondensasi oleh kondensor. Kemudian, menghidupkan *steam generator*. *Steam generator* berfungsi untuk mendifusi minyak yang ada didalam jahe. Suhu steam yang dihasilkan sebesar 100°C. *Steam generator* dioperasikan maksimal 50 menit yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan alat akibat *overheating*. Dan menyalakan kembali steam setelah 10 menit untuk melanjutkan proses pengambilan minyak.

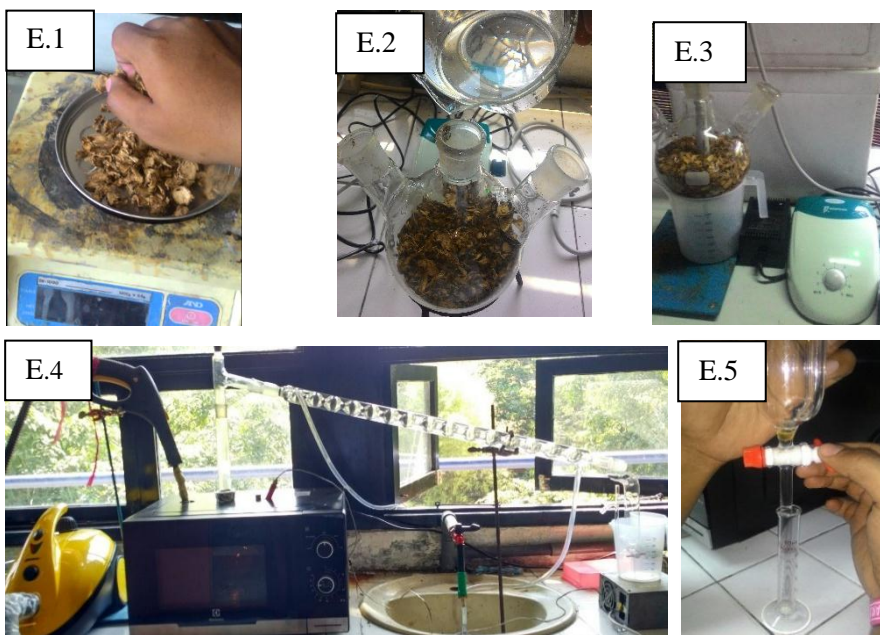


5. Menghitung waktu pengambilan minyak mulai tetes pertama keluar dari kondensor

Saat pertama kali keluar tetesan pertama dari kondensor maka *stopwatch* dinyalakan. Kemudian menghentikan proses pengambilan minyak setelah variabel waktu tercapai.

6. Memisahkan minyak jahe yang dihasilkan di konektor

Pada proses ini minyak jahe dipisahkan antara minyak dan air secara perlahan. Tahap ini ditunjukkan dalam gambar E.5.



Gambar III.6 Proses Pengambilan Minyak Jahe dengan Metode *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion (MUSDF)*



III.4.3 Prosedur Analisis

1. Analisis Perhitungan Yield Minyak Jahe

Yield didefinisikan sebagai massa komponen hasil minyak yang didapat dibagi dengan massa bahan baku kering. Dari metode *Steam Diffusion* (SDf), *Microwave Extraction* (ME), *Microwave Steam Diffusion* (MSDf) dan *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion* (MUSDf) akan dibandingkan hasil yield yang diperoleh.

Rumus perhitungan Yield sebagai berikut :

$$\text{Yield} = \frac{\text{Massa minyak yang didapat}}{\text{Massa bahan baku kering}} \times 100\%$$

2. Analisis Konsumsi Energi

Untuk mengetahui nilai ekonomis dari kedua metode, tidak hanya dilihat dari sisi yield yang dihasilkan serta kadar hasil ekstrak yang diperoleh. Tetapi juga perlu menghitung energi yang dibutuhkan selama proses berlangsung.

Berikut ini merupakan perhitungan konsumsi energi metode MUSDf dan MSDf :

$$\text{Konsumsi Energi} = \text{Total Daya} \times \text{Waktu Ekstraksi}$$

3. Analisis Kadar Minyak Jahe Menggunakan GC-MS

Untuk mengetahui komposisi minyak jahe yang dihasilkan dari kedua metode tersebut maka dilakukan analisa menggunakan GC-MS secara kuantitatif sehingga dapat diketahui kandungan *Zingiberen oil* murni. Analisa kadar minyak jahe menggunakan metode GC-MS dilakukan di Unit Layanan Pengujian (ULP) Fakultas Farmasi Universitas Airlangga.

III.5 Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia analit dan Kimia Organik Departemen Teknik Kimia Industri-ITS. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan selama 5 bulan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Analisis Pengaruh Metode *Steam Diffusion* (SDf) terhadap *Yield*

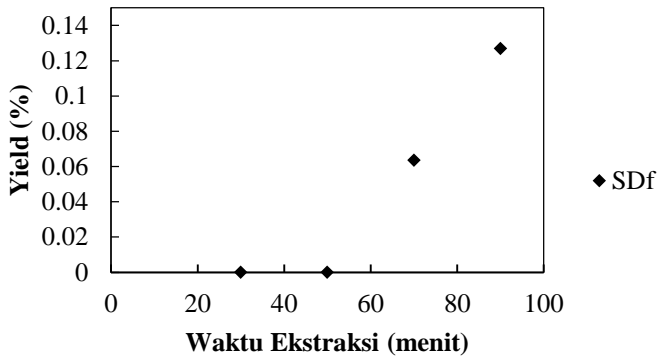
Pada penelitian ini dilakukan proses ekstraksi minyak jahe putih kecil dengan menggunakan metode *Steam Diffusion* (SDf) dengan variabel waktu 30, 50, 70, dan 90 menit. SDf merupakan suatu metode ekstraksi yang tergolong konvensional. Metode ini digunakan untuk mengekstraksi bahan-bahan terlarut atau komponen bioaktif dengan menggunakan *steam* yang dihasilkan melalui *steam generator*.

Pada metode SDf, dilakukan tahap maserasi antara rimpang jahe putih kecil kering dengan *aquadest* dalam labu ekstraktor selama 30 menit. Selanjutnya, dilakukan proses ekstraksi menggunakan *steam saturated*.

Tabel IV.1 Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Hasil *Yield* Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode SDf

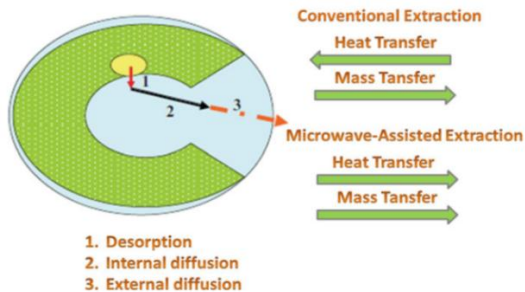
Waktu Ekstraksi (menit)	<i>Yield (%)</i>
	SDf
30	0
50	0
70	0,0635
90	0,127

Dari tabel IV.1 menunjukkan bahwa pada waktu ekstraksi 30 dan 50 menit menggunakan metode SDf tidak menghasilkan minyak. Namun, minyak mulai dihasilkan pada waktu ekstraksi 70 menit dengan hasil sebesar 0,0635%. Kemudian waktu ekstraksi dilanjutkan hingga 90 menit dan diperoleh *yield* sebesar 0,127%.



Grafik IV.1 Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Hasil *Yield* Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode SDF

Dari grafik IV.1 menunjukkan bahwa metode SDF memiliki rata-rata *yield* yang kurang optimum dimana pada waktu ekstraksi hingga 50 menit belum menghasilkan minyak. Pada waktu ekstraksi 90 menit hanya didapatkan *yield* sebesar 0,127%. Hal tersebut disebabkan karena pemanas *steam* yang digunakan kurang efektif dalam proses pemanasan.



Gambar IV.1 Perbandingan Distribusi Panas dengan Menggunakan Metode Konvensional dan dengan Menggunakan *Microwave*

Kombinasi sinergi dari dua fenomena perpindahan massa dan panas yang bekerja dalam pemanas mempengaruhi hasil



dalam proses ekstraksi yang ditunjukkan pada gambar IV.1. Pada metode SDF dengan pemanas *steam*, perpindahan massa terjadi dari dalam ke luar sedangkan perpindahan panas terjadi dari luar ke dalam. Secara umum perpindahan panas pada proses konvensional dengan pemanas *steam*, energi dipindahkan ke permukaan material yang akan dipanaskan secara konveksi, konduksi, dan radiasi (Veggi *et al.*, 2013).

IV.2 Analisis Pengaruh Metode *Microwave Extraction* (ME) terhadap *Yield*

ME merupakan metode ekstraksi yang dikembangkan dan diterapkan pada senyawa *volatile* dan senyawa aktif dalam bahan tanaman yang menggunakan energi gelombang mikro. Energi ini ditransmisikan sebagai gelombang mikro yang dapat menembus biomaterial dan berinteraksi dengan molekul polar pada bahan, seperti air untuk menghasilkan panas.

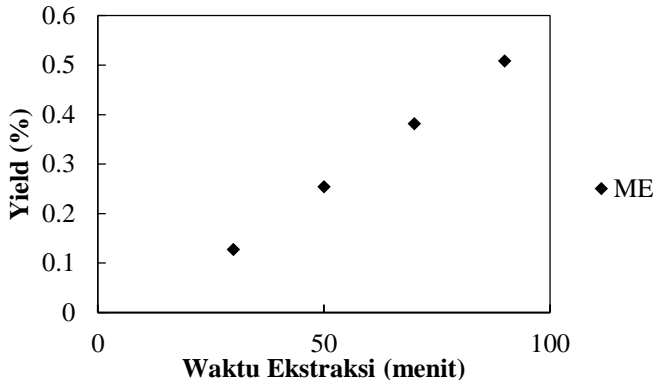
Pada metode ME, rimpang jahe putih kecil kering di maserasi dengan *aquadest* dalam labu ekstraktor selama 30 menit. Kemudian dilakukan proses ekstraksi dan distilasi secara kontinyu di dalam *microwave* yang dijaga pada suhu 100°C pada tekanan 1 atm. Pada proses ekstraksi menggunakan metode ME dilakukan pengecekan setiap 20 menit sekali untuk mengetahui ketersediaan pelarut di dalam labu ekstraktor.

Tabel IV.2 Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Hasil *Yield* Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode ME

Waktu Ekstraksi (menit)	<i>Yield</i> (%)
	ME
30	0,127
50	0,254
70	0,381
90	0,508



Dari tabel IV.2 menunjukkan bahwa pada waktu ekstraksi 30 menit menggunakan metode ME menghasilkan *yield* sebesar 0,127%. Pada waktu ekstraksi 50 menit menghasilkan *yield* sebesar 0,254%. Pada waktu ekstraksi 70 menit menghasilkan *yield* sebesar 0,381%. Pada waktu ekstraksi 90 menit menghasilkan *yield* sebesar 0,508%.



Grafik IV.2 Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Hasil *Yield* Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode ME

Dari grafik IV.2 dapat terlihat bahwa pada waktu ekstraksi 30 menit telah diperoleh minyak dengan *yield* sebesar 0,127%. Ketersediaan pelarut dalam labu ekstraktor masih menggenangi hingga di atas permukaan bahan jahe. Kemudian proses ekstraksi dilanjutkan hingga 50 menit dan diperoleh *yield* sebesar 0,254%. Ketersediaan pelarut dalam labu ekstraktor mulai berkurang hingga tersisa $\frac{2}{3}$ bagian dari volume bahan jahe. Minyak jahe yang dihasilkan hingga 50 menit memiliki kondisi fisik yang baik. Parameter kondisi fisik tersebut adalah warna minyak jahe. Minyak jahe yang diperoleh berwarna kuning kecoklatan muda dengan volume 0,2 mL. Kemudian proses ekstraksi dilanjutkan hingga 70 menit dan diperoleh *yield* sebesar 0,381%. Ketersediaan pelarut dalam labu ekstraktor mulai berkurang hingga tersisa $\frac{1}{3}$ bagian dari volume bahan jahe. Proses ekstraksi



dilanjutkan hingga 90 menit dan diperoleh *yield* sebesar 0,381%. Ketersediaan pelarut sudah tidak ada di dalam labu ekstraktor. Pada waktu ekstraksi mulai 70 hingga 90 menit diperoleh volume minyak 0,2 mL dengan warna kuning kecoklatan tua. Minyak jahe ini memiliki kondisi fisik yang kurang baik.

Penggunaan *microwave* sebagai pemanas mampu meningkatkan *yield*. Terbukti ketika mencapai waktu ekstraksi 30 menit untuk metode ME telah menghasilkan *yield* sebesar 0,127%, dibandingkan dengan metode SDF yang belum menghasilkan minyak. Namun, penggunaan metode ME mempengaruhi kualitas minyak jahe jika dilihat dari segi fisik minyak. Warna minyak jahe yang dihasilkan menjadi lebih tua dengan aroma hangus. Hal ini dikarenakan penggunaan metode ME dengan waktu yang cukup lama mengakibatkan pelarut mengalami penguapan terus-menerus sehingga pelarut dalam labu ekstraktor akan habis. Hal tersebut ditunjukkan pada waktu ekstraksi 90 menit, pelarut dalam labu ekstraktor sudah tidak ada. Selain mengurangi volume pelarut, bahan jahe mengalami penggumpalan dan meninggalkan bekas hangus pada labu ekstraktor.

IV.3 Analisis Pengaruh Metode *Microwave Steam Diffusion* (MSDF) terhadap *Yield*

MSDF merupakan suatu metode ekstraksi bahan terlarut di dalam tanaman dengan menggunakan bantuan gelombang mikro. Selain gelombang mikro yang berfungsi sebagai pemanas dengan persebaran yang merata, *steam* juga ditambahkan pada metode ini. Kombinasi antara gelombang mikro dengan *steam* dapat membantu pelepasan komponen minyak esensial yang terperangkap di dalam sel jaringan tanaman. Teknologi ini sangat sesuai untuk pengambilan senyawa yang bersifat *thermolabile* karena memiliki kontrol suhu yang lebih baik.

Pada metode MSDF, rimpang jahe putih kecil kering di maserasi dalam labu ekstraktor menggunakan *aquadest* selama 30 menit. Selanjutnya proses ekstraksi dan distilasi dilakukan secara

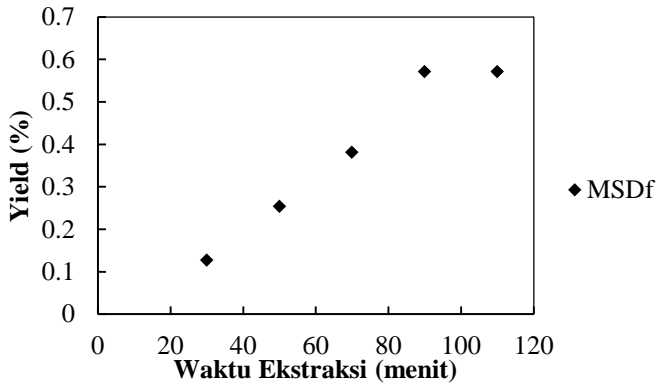


kontinyu di dalam *microwave* dengan penambahan *steam saturated*. Menyalakan pemanas *microwave* yang dijaga pada suhu 100°C pada tekanan 1 atm untuk proses ekstraksi dan distilasi secara kontinyu di dalam *microwave*. Ketika tetes pertama distiat keluar dari kondensor, *steam saturated* dialirkan menuju labu ekstraktor dan waktu ekstraksi mulai dinyalakan.

Tabel IV.3 Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Hasil *Yield* Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode MSDf

Waktu Ekstraksi (menit)	<i>Yield (%)</i>
	MSDf
30	0,127
50	0,254
70	0,381
90	0,571
110	0,571

Dari tabel IV.3 menunjukan bahwa pada waktu ekstraksi 30 menit menggunakan metode MSDf menghasilkan *yield* sebesar 0,127%. Pada waktu ekstraksi 50 menit menghasilkan *yield* sebesar 0,254%. Pada waktu ekstraksi 70 menit menghasilkan *yield* sebesar 0,381%. Pada waktu ekstraksi 90 dan 110 menit menghasilkan *yield* sebesar 0,571%.



Grafik IV.3 Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Hasil *Yield* Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode MSDf

Dari grafik IV.3 terlihat bahwa waktu ekstraksi optimum pada metode MSDf adalah 90 menit. Pada metode MSDf ini, minyak jahe yang dihasilkan tidak lagi berwarna kecoklatan tua dan berbau hangus. Hal ini dikarenakan penambahan *steam saturated* berfungsi sebagai media untuk menambah jumlah pelarut dalam labu ekstraktor. Pemilihan steam sebagai penambah pelarut adalah agar bisa langsung digunakan untuk mengekstrak dan membantu proses penetrasi pelarut kedalam sel-sel jaringan bahan sehingga komponen-komponen minyak jahe lebih mudah di ekstrak. Tetapi, hasil *yield* minyak jahe yang dihasilkan pada proses ekstraksi menggunakan metode MSDf tidak jauh berbeda dengan metode ME.

IV.4 Analisis Pengaruh Metode *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion* (MUSDf) terhadap *Yield*

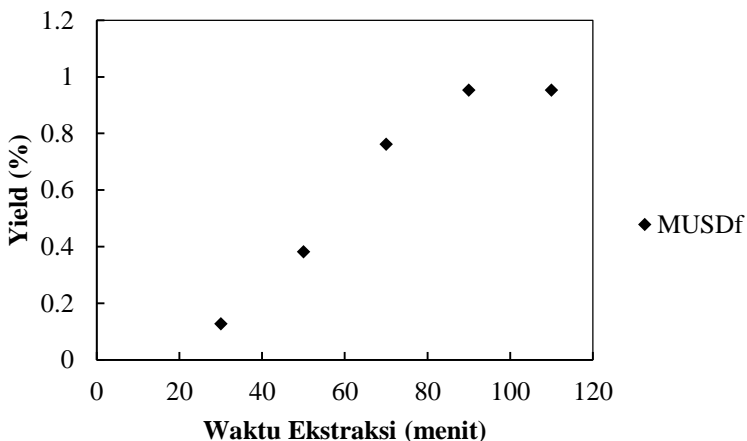
Metode MUSDf dilakukan dengan tahapan yang sama dengan metode MSDf kecuali pada tahapan maserasi ditambahkan gelombang ultrasonik secara bersamaan.



Tabel IV.4 Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Hasil *Yield* Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode MUSDf

Waktu Ekstraksi (menit)	<i>Yield</i> (%)
	MUSDf
30	0,127
50	0,381
70	0,762
90	0,952
110	0,952

Dari tabel IV.4 menunjukkan bahwa pada waktu ekstraksi 30 menit menggunakan metode MUSDf menghasilkan *yield* sebesar 0,127%. Pada waktu ekstraksi 50 menit menghasilkan *yield* sebesar 0,381%. Pada waktu ekstraksi 70 menit menghasilkan *yield* sebesar 0,762%. Pada waktu ekstraksi 90 dan 110 menit menghasilkan *yield* sebesar 0,952%.



Grafik IV.4 Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Hasil *Yield* Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode MUSDf



Berdasarkan grafik IV.4 dapat diketahui bahwa waktu ekstraksi yang optimum untuk metode MUSDF adalah 90 menit dengan *yield* sebesar 0,952%. Metode MUSDF memiliki waktu optimum yang sama dengan metode MSDf. Metode MUSDF memiliki waktu optimum yang sama dengan metode MSDf. Tetapi, metode ekstraksi MUSDF menghasilkan % *yield* yang relatif lebih besar jika dibandingkan dengan metode ekstraksi MSDf dengan perbandingan waktu yang sama. Hal tersebut membuktikan bahwa dengan menggunakan metode MUSDF mampu meningkatkan *yield* dengan waktu yang relatif sama atau lebih cepat.

Dari hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa metode *Microwave Steam Diffusion* dengan penambahan gelombang ultrasonik menghasilkan *yield* yang lebih tinggi daripada metode SDF, ME, dan MSDf. Hal ini disebabkan karena terbukanya pori-pori sel tanaman akibat terbentuknya gelembung kavitasi yang dihasilkan dari gelombang ultrasonik sehingga menyebabkan penetrasi pelarut ke dalam zat terlarut semakin meningkat dan menyebabkan proses difusi semakin meningkat, dengan hal itu maka akan meningkatkan proses perpindahan massa (*Wardhani et al., 2013*).

IV.5 Analisis Pengaruh Metode SDF, ME, MSDf, dan MUSDF terhadap *Yield*

Pada subbab IV.5 akan dilakukan analisis pengaruh metode SDF, ME, MSDf, dan MUSDF terhadap *yield*. Pada penelitian ini dilakukan proses ekstraksi minyak jahe putih kecil dengan menggunakan empat metode, yaitu *Steam Diffusion* (SDF), *Microwave Extraction* (ME), *Microwave Steam Diffusion* (MSDf), dan *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion* (MUSDF) dengan waktu ekstraksi yaitu 30, 50, 70, 90, dan 110 menit.

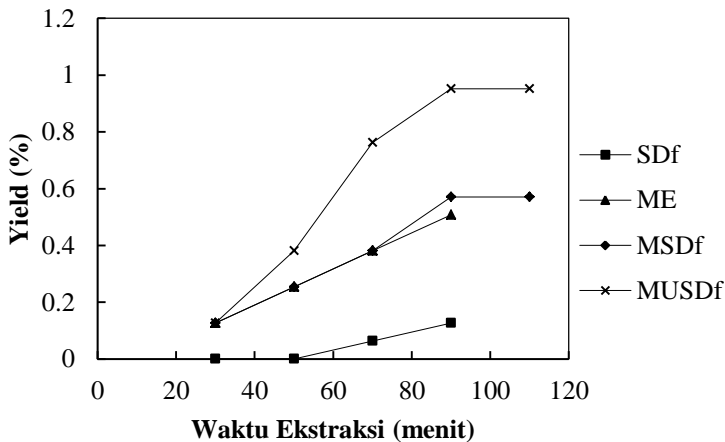
Dari hasil ekstraksi dengan menggunakan metode SDF, ME, MSDf, dan MUSDF didapatkan hasil *yield* minyak jahe pada tabel IV.5.



Tabel IV.5 Hasil *Yield* Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode SDf, ME, MSDf, dan MUSDf

Waktu Ekstraksi (menit)	Yield (%)			
	SDf	ME	MSDf	MUSDf
30	0	0,127	0,127	0,127
50	0	0,254	0,254	0,381
70	0,0635	0,381	0,381	0,762
90	0,127	0,508	0,571	0,952
110	-	-	0,571	0,952

Pada tabel IV.5 menunjukkan bahwa proses ekstraksi minyak jahe putih kecil selama 90 menit menggunakan metode SDf, ME, MSDf, dan MUSDf masing-masing menghasilkan *yield* sebesar 0,127%, 0,508%, 0,571%, dan 0,952%.



Grafik 4.5 Hasil *Yield* Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode SDf, ME, MSDf, dan MUSDf dengan Variabel Waktu Ekstraksi

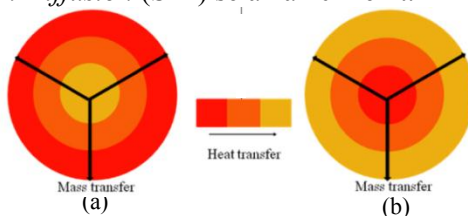
Berdasarkan grafik IV.5 dapat diketahui bahwa metode ekstraksi yang menggunakan pemanas *microwave* menghasilkan



yield yang lebih baik daripada ekstraksi dengan pemanas konvensional.

Metode ekstraksi dengan pemanas *microwave* mampu menaikkan suhu sampel dengan cepat hingga suhu ekstraksi yang diinginkan. Dengan demikian, peningkatan suhu ekstraksi yang cepat ini memberikan percepatan laju ekstraksi di bagian dalam *microwave*. Hal tersebut disebabkan oleh kombinasi sinergi dari dua fenomena perpindahan massa dan panas yang bekerja. Pada metode SDf yang menggunakan pemanas konvensional, perpindahan massa terjadi dari dalam ke luar sedangkan perpindahan panas terjadi dari luar ke dalam. Untuk ekstraksi menggunakan pemanas *microwave*, dua fenomena perpindahan panas dan massa berada pada arah yang sama yaitu dari bagian dalam ke luar, yang memudahkan difusi minyak dari bagian dalam permukaan kulit menjadi uap dengan kenaikan suhu karena penggunaan *microwave*. Ilustrasi dari penjelasan mengenai fenomena perpindahan panas dan massa pada pemanas konvensional dan *microwave* ditunjukkan pada gambar IV.2.

Penjelasan tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Farhat et al. (2011), tentang ekstraksi *essential oil* dari kulit jeruk menggunakan metode *Microwave Steam Diffusion* (MSDf). Dari penelitian tersebut menjelaskan bahwa ekstraksi *essential oil* yang dihasilkan menggunakan MSDf selama 12 menit dimana secara kualitatif (*yield*) dan kualitatif (kandungan aromatik) serupa dengan hasil yang diperoleh menggunakan metode *Steam Diffusion* (SDf) selama 40 menit.



Gambar IV.2 Profil Temperatur Pemanasan (a) Konvensional dan (b) *Microwave*



Menurut Issartier et al. (2013), pemanas *microwave* mempunyai kelebihan dalam mengekstraksi minyak esensial diantaranya yaitu mudah digunakan, proses kinerja yang cepat disertai dengan pemanasan yang lebih efektif, memiliki respon yang cepat terhadap pengendalian panas, dan meningkatkan produksi dimana semuanya berkontribusi dalam mengurangi biaya dan dampak lingkungan.

Metode dengan pemanas *microwave* yaitu ME, MSDf, dan MUSDF mempunyai beberapa perbedaan dalam kondisi operasinya. Perbedaan pada metode ME dengan MSDf adalah adanya penambahan *steam* pada metode MSDf. Namun, penambahan *steam* ini tidak terlalu mempengaruhi terhadap *yield* minyak yang dihasilkan. Kemudian untuk metode MSDf dan MUSDF terdapat perbedaan yaitu adanya penambahan gelombang ultrasonik pada tahapan maserasi antara bahan dengan pelarut.

Metode MUSDF menghasilkan *yield* minyak yang lebih tinggi dibandingkan tiga metode lainnya. Selain itu, jika metode MUSDF dibandingkan dengan MSDf akan menghasilkan *yield* yang lebih besar yaitu 0,952% dan 0,571% dengan waktu ekstraksi 90 menit. Hasil tersebut menjelaskan bahwa metode MUSDF menghasilkan *yield* yang lebih tinggi daripada metode MSDf dengan waktu yang sama.

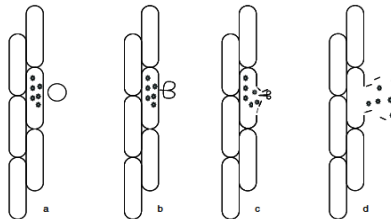
Berdasarkan grafik IV.5 dapat diketahui bahwa waktu ekstraksi yang optimum untuk metode MSDf dan MUSDF adalah 90 menit. Dari waktu optimum kedua metode tersebut dapat disimpulkan bahwa metode MUSDF dapat meningkatkan *yield* hingga 40% dibandingkan dengan metode MSDf.

Meningkatnya *yield* pada metode MUSDF dikarenakan adanya penambahan gelombang ultrasonik pada tahapan maserasi. Tenaga ultrasonik pada proses-proses kimia tidak secara langsung kontak dengan medan yang bersangkutan, akan tetapi melalui media perantara yang berupa air. Gelombang bunyi yang dihasilkan oleh tenaga listrik (melalui *transducer*), diteruskan oleh media cair ke medan yang dituju melalui fenomena kavitasi. Fenomena kavitasi yaitu terbentuknya gelembung kecil pada



media perantara, yang lama kelamaan gelembung-gelembung akan bertambah besar dan akhirnya pecah atau *collapse* dan mengeluarkan tenaga besar. Tenaga inilah yang digunakan untuk proses kimia. Proses terbentuknya gelembung kavitasi hingga menyebabkan pecahnya permukaan material tanaman dapat dilihat pada gambar IV.3.

Penjelasan tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Khan et al. (2010) tentang pengambilan *polyphenols* dari kulit jeruk dengan menggunakan metode *Ultrasound-Assisted Extraction*. Dari hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa ekstraksi senyawa bioaktif yang menggunakan bantuan radiasi gelombang ultrasonik dapat mengurangi waktu ekstraksi menjadi lebih singkat. Hal ini dikarenakan selama proses sonifikasi, proses kavitasi menyebabkan selaput sel atau pemecahan dinding sel yang memungkinkan tingkat difusi menjadi lebih tinggi.



Gambar IV.3 Mekanisme Gelembung Kavitasi

Menurut Chemat et al. (2011), gelembung kavitasi dihasilkan dekat dengan permukaan material tanaman (a), kemudian selama siklus kompresi, gelembung tersebut pecah (*collapse*) dan pada proses ini menimbulkan tekanan dan suhu yang tinggi (b dan c). Tekanan dan suhu tinggi yang terlibat dalam proses ini akan menghancurkan dinding sel matriks tanaman dan kandungan yang terdapat dalam sel dapat dilepaskan ke lingkungan (d).

Berdasarkan penelitian Liu et al. (2010), penerapan ultrasonik mempunyai beberapa kelebihan diantaranya yaitu mengurangi pelarut yang digunakan dan mempercepat proses



ekstraksi dibandingkan dengan ekstraksi konvensional. Selain itu, metode ultrasonik ini lebih aman, lebih singkat, dan sesuai untuk ekstraksi senyawa yang bersifat *thermolabile*.

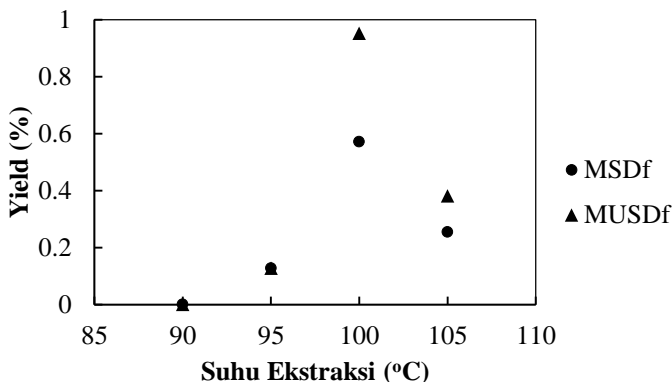
IV.6 Analisis Pengaruh Suhu Ekstraksi terhadap *Yield* pada Metode MSDf dan MUSDf

Pada metode ekstraksi MSDf dan MUSDf dilakukan dengan tahapan yang sudah dijelaskan pada subbab IV.3 dan IV.4 dengan variabel suhu ekstraksi yaitu 90, 95, 100, dan 105°C. Dari hasil ekstraksi menggunakan metode MSDf dan MUSDf dengan variabel suhu ekstraksi didapatkan hasil *yield* minyak jahe pada tabel IV.6.

Tabel IV.6 Hasil *Yield* Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode MSDf dan MUSDf dengan Variabel Suhu Ekstraksi

Suhu Ekstraksi (°C)	<i>Yield</i> (%)	
	MSDf	MUSDf
90	0	0
95	0,127	0,127
100	0,571	0,952
105	0,254	0,381

Dari tabel IV.6 menunjukkan bahwa *yield* hasil ekstraksi selama 90 menit dengan metode MSDf dan MUSDf pada kondisi suhu ekstraksi 90°C adalah 0%. Pada proses ekstraksi dengan menggunakan metode MSDf dan MUSDf pada kondisi suhu ekstraksi 95°C selama 90 menit diperoleh *yield* sebesar 0,254% dan 0,127%. Pada proses ekstraksi dengan menggunakan metode MSDf dan MUSDf pada kondisi suhu ekstraksi 100°C selama 90 menit diperoleh *yield* sebesar 0,571% dan 0,952%. Pada proses ekstraksi dengan menggunakan metode MSDf dan MUSDf pada kondisi suhu ekstraksi 105°C selama 90 menit diperoleh *yield* sebesar 0,254% dan 0,381%.



Grafik IV.6 Hasil *Yield* Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode MSDf dan MUSDF dengan Variabel Suhu Ekstraksi

Dari grafik IV.6 dapat terlihat bahwa suhu ekstraksi yang menghasilkan *yield* optimum pada metode MSDf dan MUSDF adalah 100°C.

Pada penelitian ini, pengaturan suhu 90, 95, 100, dan 105°C dilakukan melalui termokopel yang mengendalikan suhu ekstraksi pada *liquid*. Ketika proses ekstraksi dengan suhu 90 dan 95°C, termokopel menunjukkan suhu 99°C. Hal ini dikarenakan pada tekanan 1 atm, titik didih pelarut *aquadest* adalah 100°C. Ketika suhu yang diinginkan (90 dan 95°C) sudah tercapai maka *microwave* tidak menyala. Proses pemanasan tidak efektif karena hanya melibatkan *steam* dengan suhu 100°C. Hal ini menyebabkan difusi minyak dengan *aquadest* tidak dapat menguap dengan baik dan volume pelarut dapat melebihi kapasitas labu ekstraktor. Sedangkan untuk suhu ekstraksi 105°C, termokopel tetap menunjukkan suhu 100°C karena sesuai dengan titik didih pelarut *aquadest* pada tekanan 1 atm. Ketika suhu yang diinginkan (105°C) belum tercapai maka *microwave* terus menyala. Proses pemanasan kurang efektif karena energi yang digunakan terbuang percuma.



Penjelasan tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Krishnan et al. (2016), tentang pengaruh radiasi gelombang mikro terhadap ekstraksi *flavonoid* dari *Terminalia chebula*. Pada penelitian tersebut dilakukan analisis pengaruh suhu (40, 60, 80, dan 100°C) dengan *yield flavonoid*. Untuk hasil *yield flavonoid* yang optimum adalah 100°C.

IV.7 Analisis Pengaruh Metode MSDf dan MUSDf terhadap Kualitas Minyak Jahe

Analisa terhadap kualitas minyak jahe yang diperoleh merupakan salah satu penentu yang penting dilakukan untuk mengetahui metode yang baik dalam mengekstraksi minyak jahe. Kualitas minyak jahe dapat ditentukan dari berbagai parameter, salah satunya adalah kadar yang ada di dalam minyak jahe. Untuk mengetahui kadar senyawa dalam minyak jahe dilakukan uji *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS).

Dari hasil pengujian GC-MS yang dilakukan di Unit Layanan Pengujian (ULP) Universitas Airlangga didapatkan kandungan minyak jahe yang disajikan pada tabel IV.7.

Tabel IV.7 Hasil Analisa GC-MS Komponen dalam Minyak Jahe yang Diperoleh dari Metode MSDf dan MUSDf

No.	Komponen	Kadar (%)	
		MSDf	MUSDf
1	Zingiberene	8,93	6,38
2	Curcumene	26,25	21,31
3	β -Bisabolene	7,72	8,59
4	β -Sesquiphellandrene	7,92	9,42
5	Borneol	4,03	5,94
Total Komponen Teridentifikasi		45	62

Dari hasil GCMS pada tabel IV.7 terlihat bahwa jumlah komponen minyak jahe yang dihasilkan dengan menggunakan metode MSDf ataupun MUSDf berbeda, yaitu 45 komponen pada



metode MSDf dan 62 komponen pada metode MUSDF. Persentase kandungan *Zingiberene* pada metode MSDf dan MUSDF berturut-turut adalah 8,39 % dan 6,38%. Hasil tersebut menunjukkan adanya penurunan kadar *Zingiberene* dalam minyak jahe sebesar $\pm 2\%$. Penurunan kadar *Zingiberene* disebabkan karena pembentukan gelembung akibat proses kavitasi yang terjadi pada penambahan gelombang ultrasonik. Selama proses pembentukan gelembung terjadi difusi gas berupa oksigen dan pelarut *aquades* yang dapat menyebabkan oksidasi pada *Zingiberene*. Selain itu, gelombang ultrasonik menyebabkan kondisi ekstrem yang menyebabkan degradasi senyawa kimia. Hal ini sesuai dengan penelitian Mohd Yusuf, et al., (2016) dengan judul *Physical and Chemical Effects of Acoustic Cavitation in Selected Ultrasonik Cleaning Applications*. Dalam penelitiannya, Mohd Yusuf menyatakan bahwa gelombang ultrasonik merupakan *Advanced Oxidation Processes* (AOPs) yang sangat baik dan dapat menyebabkan degradasi senyawa.

IV.8 Analisis Konsumsi Energi dengan Menggunakan Metode MSDf dan MUSDF

Untuk mengetahui nilai ekonomis dari kedua metode, tidak hanya dilihat dari segi *yield* yang dihasilkan serta kadar hasil ekstrak yang diperoleh. Faktor konsumsi energi yang dibutuhkan selama proses berlangsung juga perlu dihitung untuk mengetahui nilai ekonomis dari metode yang digunakan. Berikut ini merupakan tabel IV.8 tentang perbandingan konsumsi energi antara metode MSDf dan MUSDF.

Tabel IV.8 Konsumsi Energi pada Metode MSDf dan MUSDF

Parameter	Metode	
	MSDF	MUSDF
Waktu Ekstraksi (Menit)	110	110



Yield (%)	0,571	0,952
Daya input total (Watt)	2050	2070
Konsumsi Energi (kWh)	3,075	3,105
Biaya (Rp/gr minyak)	32.400	19.500

Dari tabel IV.8 dapat disimpulkan bahwa pengurangan biaya ekstraksi minyak esensial dapat terlihat dalam pemakaian metode MUSDf dalam hal energi dan *yield*. Dengan waktu yang sama yaitu 110 menit, prosedur MUSDf menghasilkan *yield* sebesar 0,952% sedangkan MSDf menghasilkan *yield* sebesar 0,571%. Energi yang dibutuhkan untuk melakukan metode MUSDf dan MSDf adalah 3,105 kWh dan 3,075 kWh. Sehingga biaya yang dibutuhkan untuk memperoleh 1 gram minyak jahe pada metode MUSDf dan MSDf adalah Rp 19.500 dan Rp 32.400.

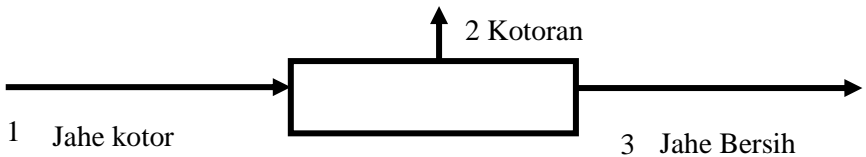
Dari penjelasan tersebut menunjukkan bahwa metode MUSDf lebih hemat biaya hingga 66% dibandingkan dengan metode MSDf. Hal ini semakin menegaskan bahwa metode MUSDf lebih baik bila ditinjau dari segi *yield* dan biaya jika dibandingkan dengan metode MSDf. Selain itu, biaya untuk 1 gram minyak jahe dengan metode MUSDf juga lebih murah dibandingkan dengan minyak jahe dipasaran yaitu sebesar Rp 19.500 dan Rp 56.300.

BAB V NERACA MASSA

V.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

V.1.1 Pencucian

Fungsi : Untuk membuang kotoran tanah yang menempel

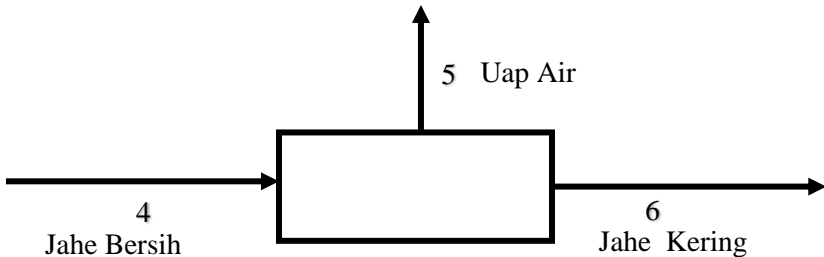


Tabel V.1 Neraca Massa Total pada Proses Pencucian

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 1)		(Aliran 2)	
Jahe Kotor	3.133,9366	Kotoran	18,8036
		(Aliran 3)	
		Jahe Bersih	3115,1329
Total	3.133,9366	Total	3.133,9366

V.1.2 Pengeringan

Fungsi : Untuk Menurunkan Kadar Air pada jahe

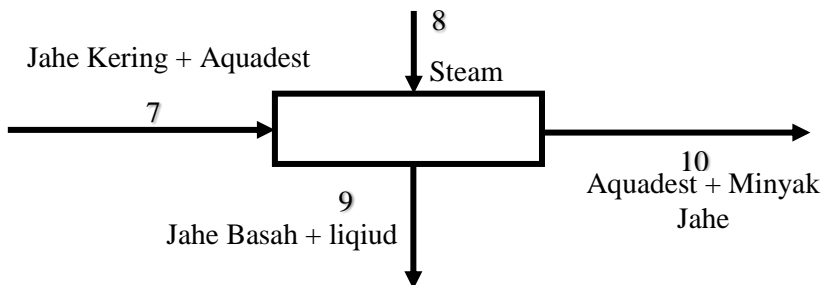


**Tabel V.2** Neraca Massa Total pada Proses Pengeringan

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 4)		(Aliran 5)	
Jahe Bersih	3115,1329	Uap Air	2905,1592
		(Aliran 6)	
		Jahe Kering	209,9737
Total	3115,1329	Total	3115,1329

V.2 Tahap Percobaan**V.2.1 Steam Diffusion**

Fungsi : Untuk mendapatkan minyak jahe

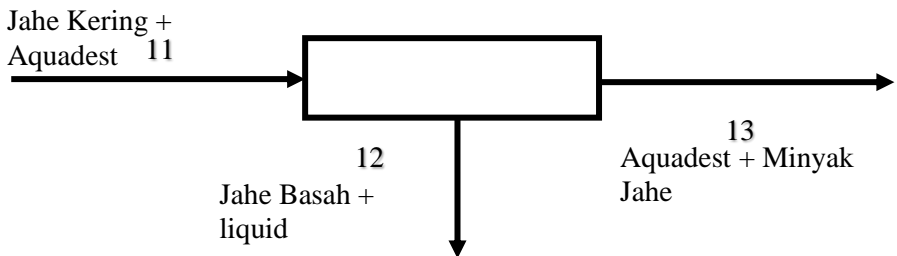


**Tabel V.3** Neraca Massa Pada Proses Ekstraksi Menggunakan Metode MSDf

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 7)		(Aliran 9)	
Jahe Kering	209,9737533	Jahe basah	1049,868767
Aquadest	1499,812524	Liquid	659,9175104
	1709,786277		1709,786277
(Aliran 8)		(Aliran 10)	
Steam	3599,550057	Aquadest	3590,551181
		Minyak Jahe	0,26667
			3590,817851
		Mass Losses	8,732208475
Total	5309,336333	Total	5309,336333

V.2.2 Microwave Extraction

Fungsi : Untuk mendapatkan minyak jahe

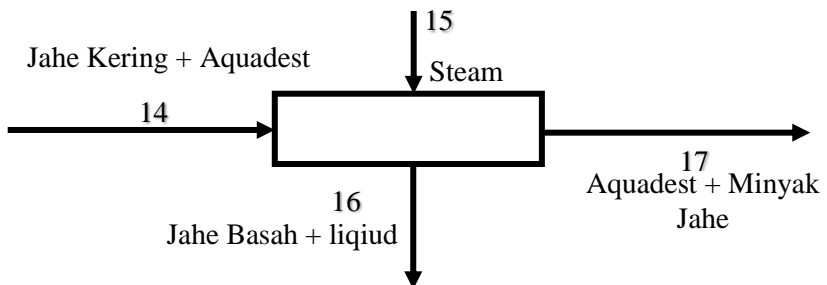


**Tabel V.4** Neraca Massa Total Pada *Proses Microwave Extraction*

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 11)		(Aliran 12)	
Jahe Kering	209,9737533	Jahe basah	449,9437571
Aquadest	1499,812524	Liquid	0
	1709,786277		449,9437571
		(Aliran 13)	
		Aquadest	1250,843645
		Minyak	1,066666667
		Jahe	
			1251,910311
		Mass Losses	7,932208475
Total	1709,786277	Total	1709,786277

V.2.3 Microwave Steam Diffusion

Fungsi : Untuk Mendapatkan Minyak jahe



**Tabel V.5** Neraca Massa pada Proses *Microwave Steam Diffusion*

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 14)		(Aliran 16)	
Jahe Kering	209,9737533	Jahe basah	1049,868767
Aquadest	1499,812524	Liquid	599,9250094
	1709,786277		1649,793776
(Aliran 15)		(Aliran 17)	
Steam	2399,700038	Aquadest	2348,706412
		Minyak Jahe	1,2
			2349,906412
		Mass Losses	109,7861267
Total	4109,486315	Total	4109,486315

V.2.4 *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion*

V.2.4.1 Ultrasonic Maseration

Fungsi : untuk merusak sel pada jahe sehingga mempercepat proses ekstraksi

Jahe Kering

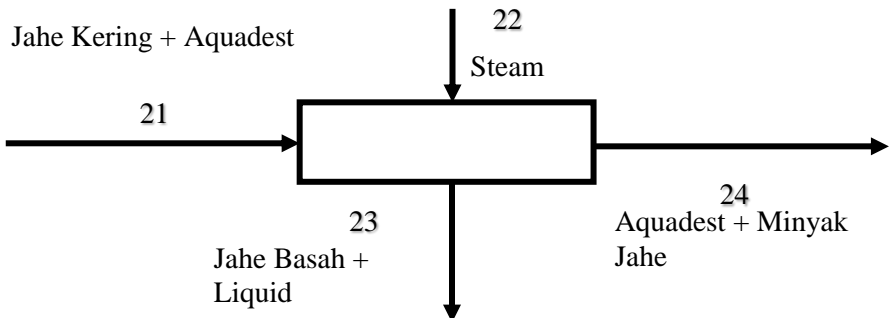


**Tabel V.6** Neraca Massa Total Pada *Ultrasonic Maseration*

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 18)		(Aliran 20)	
Jahe Kering	209,9737	Pre Treated Ginger	1709,7862
(Aliran 19)			
Aquadest	1499,8125		
Total	1709,7862	Total	1709,7862

V.2.4.2 Microwave Steam Diffusion

Fungsi : untuk mendapatkan minyak jahe dari *pretreated ginger*



**Tabel V.7** Neraca Massa pada Proses *Microwave Extraction*

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 14)		(Aliran 16)	
Jahe Kering	209,9737	Jahe basah	1049,8687
Aquadest	1499,8125	Liquid	599,9250
	1709,7862		1649,7937
(Aliran 15)		(Aliran 17)	
Steam	2399,7000	Aquadest	2348,7064
		Minyak Jahe	2
			2350,7064
		Mass Losses	108,9861
Total	4109,4863	Total	4109,4863



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB VI NERACA PANAS

VI.1 Data Perhitungan

Asumsi skala pabrik

- Kapasitas produksi : 2 Kg/hari
- Suhu *reference* yang digunakan (T_{ref}): 25 °C

Perhitungan *Heat Capacity* pada senyawa dalam proses menggunakan metode ikatan penyusun senyawa

Tabel VI.1 Nilai Heat Capacity pada Jenis Ikatan

Jenis Ikatan	ΔC_p (kJ/kmol. °C)	Jenis Ikatan	ΔC_p (kJ/kmol. °C)
CH ₃ —	36,82	OH —	44,7
—CH ₂ —	30,38	—NH 	43,93
—CH — 	20,92	— C — O	52,97
CH ₂ ==	21,76	— S —	33,47
==C — 	15,90	— ONa	42,7
==CH —	21,34	— O —	35,15

Sumber: Perry (1997)

**Tabel VI.2** Data *Heat Capacities* Air

T (°C)	Cal/gram.°C
0	1.0080
10	1.0019
20	0.9995
25	0.9989
30	0.9987
40	0.9987
50	0.9992
60	1.0001
70	1.0013
80	1.0029
90	1.0050
100	1.0076

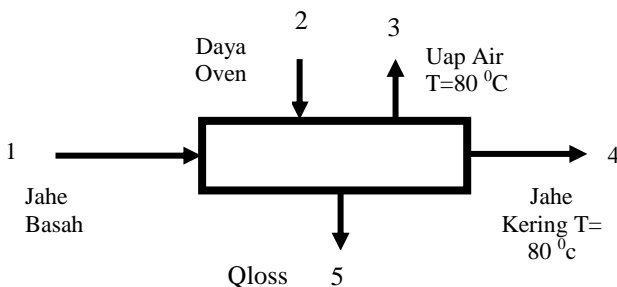
(Geankoplis, 2003)

VI.2. Tahap Persiapan Bahan Baku

VI.2.1. Pengeringan

Fungsi : Untuk menurunkan kadar air pada jahe

Kondisi Operasi : T = 80 °C
 t = 12 jam
 P = 1 atm





❖ Aliran Q Masuk

1. Aliran 1

Neraca Panas Komponen Aliran 1

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Jahe Basah	3.115.132,997	0,4632	27	2	2.885.651,4105
Total					2.885.651,4105

2. Aliran 2

$$Q = P \times t \quad (1 \text{ W} = 14,340 \text{ cal/min})$$

$$Q = 934539,899 \text{ W} \times 14,340 \text{ cal/min} \times 12 \text{ h} \times 60 \text{ min}$$

$$Q = 9642208862 \text{ cal}$$

❖ Aliran Q Keluar

1. Aliran 3

Neraca Panas Komponen Aliran 3

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	2.905.159,24	1,0029	80	55	160.247.131,2874
Total					160.247.131,2874

2. Aliran 4

Neraca Panas Komponen Aliran 4

Komponen	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Jahe Kering	209.973,7533	0,4632	80	55	5.348.906,1607
Total					5.348.906,1607

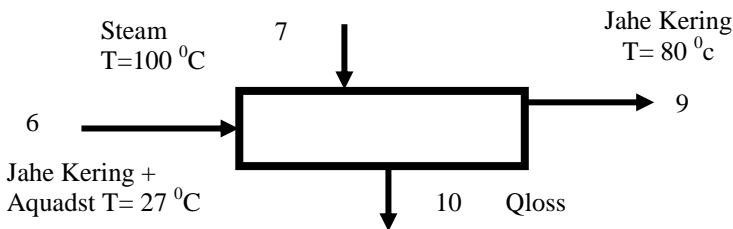
❖ **Neraca Panas Total****Neraca Panas Total pada Proses Pengeringan**

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 1)		(Aliran 3)	
Jahe	2.885.651,4105	Air	160.247.131,2874
(Aliran 2)		(Aliran 4)	
Oven	9.642.208.862,0856	Jahe Kering	5.348.906,1607
		(Aliran 5)	
		Q Loss	9479498476,0480
Total	9.645.094.513,4961	Total	9.645.094.513,4961

VI.3. Tahap Percobaan**VI.3.1.1 Metode untuk *Steam Diffusion***

Fungsi : Untuk mengambil minyak jahe dari Jahe kering

Kondisi Operasi : T = 100 °C
P = 1 atm
t = 90 menit

❖ **Aliran Q Masuk****1. Aliran 6****Neraca Panas Komponen Aliran 6**

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	1.499.812,52	0,9987	27	2	2.995.725,5346
Jahe	209.973,7533	0,4631666	27	2	194.505,6786
Total					3190231,2132

*Pengambilan Minyak Jahe Putih Kecil
dengan Metode Microwave Ultrasonic
Steam Diffusion sebagai Bahan Essential
Oil*

*Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi ITS*



2. Aliran 7

Neraca Panas Komponen Aliran 7

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Uap Air	3.599.550,06	1,0076	100	75	272.017.997,7751
Total					272.017.997,7751

❖ Aliran Q Keluar

1. Aliran 8

Neraca Panas Komponen Aliran 8

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Jahe	1.049.868,77	0,4632	100	75	36.469.814,7324
Liquid	659.917,51	1,0076	100	75	49.869.966,26
Total					86.339.780,9911

2. Aliran 9

Neraca Panas Komponen Aliran 9

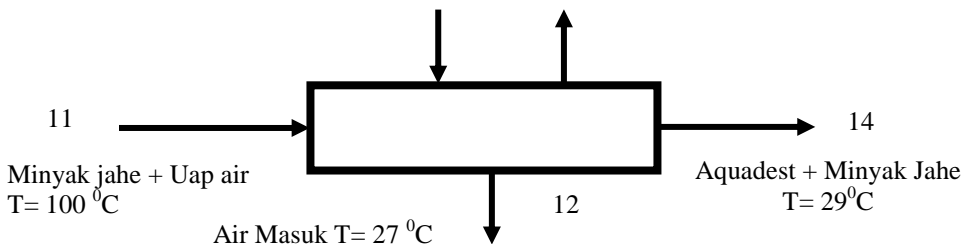
Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	3.590.551,18	0,9987	28	3	10.757.650,3947
Minyak Jahe	266,67	0,463166	28	3	370,53793
Total					10.758.020,9326

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 6)		(Aliran 8)	
Air	2.995.725,5346	Jahe	36.469.814,7324
Jahe	194.505,6786	Liquid	49.869.966,2588
(Aliran 7)		(Aliran 9)	
Uap Air	272.017.997,7751	Air	10.757.650,3947
		Minyak	370,5379
		Jahe	
		(Aliran 10)	
		Qloss	178.110.427,0645
Total	275.208.228,9883	Total	275.208.228,9883

Fungsi : Untuk mendapatkan minyak jahe dari jahe kering

Kondisi Operasi: $T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$

Air Keluar T= 29 °C



**❖ Aliran Q Masuk****1. Aliran 11****Neraca Panas Komponen Aliran 11**

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Uap Air	3.590.551,18	1,0076	100	75	271.337.952,7807
Minyak					
Jahe	266,67	0,463166	100	75	9.263,448733
Total					271347216,2294

2. Aliran 12**Neraca Panas Komponen Aliran 12**

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	128.668.863,68	0,9987	27	2	257.003.188,3192
Total					257.003.188,3192

❖ Aliran Q Keluar**1. Aliran 14****Neraca Panas Komponen Aliran 14**

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	3.590.551,18	0,9987	29	4	14.343.533,8596
Minyak					
Jahe	266,67	0,463166647	29	4	494,0505991
Total					14.344.027,9102



2. Aliran 15

Neraca Panas Komponen Aliran 15

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	128.668.863,68	0,9987	29	4	514.006.376,6384
Total					514.006.376,6384

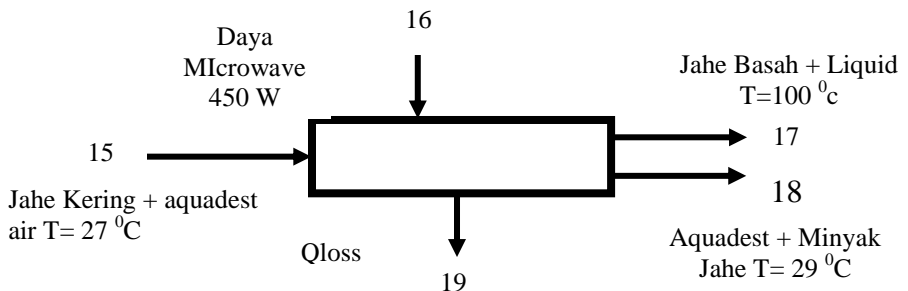
❖ Neraca Panas total

Neraca Panas Total pada Proses Distilasi untuk *Steam Diffusion*

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 11)		(Aliran 14)	
Air	271.337.952,7807	Air	14.343.533,8596
Minyak	9.263,4487	Minyak	494,0506
Jahe		Jahe	
(Aliran 12)		(Aliran 15)	
Air	257.003.188,3192	Air	514.006.376,6384
Qserap	0,0000		
Total	528.350.404,5486	Total	528.350.404,5486

VI.3.2.1 Metode untuk *Microwave Extraction*

Fungsi : Untuk mendapatkan minyak jahe





Entalpi bahan masuk dapat dihitung dengan rumus :

$$Q = m \cdot Cp \cdot (T - T_{ref}),$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C}$$

❖ Aliran Q Masuk

1. Aliran 15

Neraca Panas Komponen Aliran 15

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	1.499.812,52	0,9987	27	2	2.995.725,5343
Jahe	209.973,7533	0,4632	27	2	194.505,6786
Total					3.190.231,2129

2. Aliran 16

$$Q = P \times t \quad (1 \text{ W} = 14,340 \text{ cal/min})$$

$$Q = 623026,5993 \text{ W} \times 14,340 \text{ cal/min} \times 90 \text{ min}$$

$$Q = 804078129,1 \text{ cal}$$

❖ Aliran Q Keluar

3. Aliran 17

Neraca Panas Komponen Aliran 17

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Jahe	449.943,76	0,4632	100	75	15.629.920,5996
Liquid	0,00	0,9987	100	75	0
Total					15.629.920,5996

4. Aliran 18

Neraca Panas Komponen Aliran 18

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	1.250.843,64	0,9987	29	4	4.996.870,1917
Minyak Jahe	1.066,666667	0,4632	29	4	1.976,177695
Total					4.998.846,3694

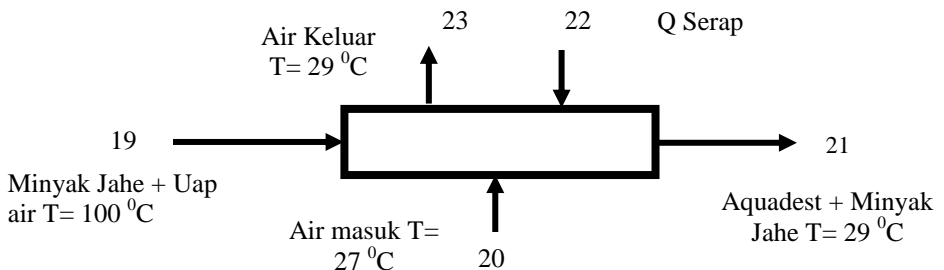
❖ **Neraca Panas Total**

Neraca Panas Total Proses *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion*

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 21)		(Aliran 24)	
Air	2.995.725,5346	Jahe Basah	15.629.920,5996
Jahe Kering	194.505,6786	Liquid	0,0000
(Aliran 22)		(Aliran 25)	
Microwave	804.078.129,1132	Air	9.382.612,3735
		Minyak Jahe	1.066,6667
		Qloss	786.640.502,7951
Total	807.268.360,2530	Total	807.268.360,2530

VI.3.2.2 Distilasi untuk *Microwave Extraction*

Fungsi : Untuk mendapatkan minyak jahe dari jahe kering.



Entalpi bahan masuk dapat dihitung dengan rumus :

$$Q = m \cdot C_p \cdot (T - T_{\text{ref}}), \quad T_{\text{ref}} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$



❖ Aliran Q Masuk

1. Aliran 19

Neraca Panas Komponen Aliran 19

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Uap Air	1.250.843,64	0,9987	100	75	93.691.316,0940
Minyak	1.066,666667		100	75	37.053,33178
Jahe		0,4632			
Total					93.728.369,4258

2. Aliran 20

Neraca Panas Komponen Aliran 28

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	44.422.510,79	0,9987	27	2	88.729.523,0564
Total					88.729.523,0564

❖ Aliran Q Keluar

1. Aliran 21

Neraca Panas Komponen Aliran 21

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	1.250.843,64	0,9987	29	4	4.996.870,1917
Minyak	1.066,666667		29	4	1.976,177695
Jahe		0,4632			
Total					4.998.846,3694

2. Aliran 22

Neraca Panas Komponen Aliran 22

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	44.422.510,79	0,9987	29	4	177.459.046,1129
Total					177.459.046,1129

❖ **Neraca Panas total**

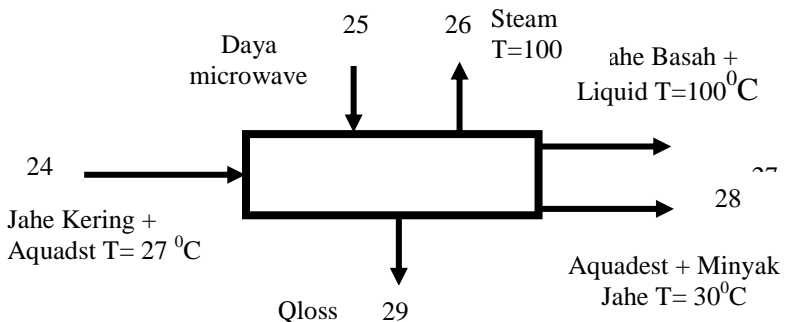
Neraca Panas Total pada Proses Distilasi untuk *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion*

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 27)		(Aliran 29)	
Uap Air	93.691.316,0940	Air	4.996.870,1917
Minyak	37.053,3318	Minyak	1.976,1777
Jahe		Jahe	
(Aliran 28)		(Aliran 31)	
Air	88.729.523,0564	Air	177.459.046,1129
Qserap	0,0000		
Total	182.457.892,4823	Total	182.457.892,4823

VI.3.3.1 Metode untuk *Microwave Steam Diffusion*

Fungsi : Untuk mengambil minyak jahe dari Jahe kering

Kondisi Operasi : T = 100 °C





❖ Aliran Q Masuk

1. Aliran 24

Neraca Panas Komponen Aliran 24

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	1.499.812,52	0,9987	27	2	2.995.725,5346
Jahe	209.973,7533	0,4631666	27	2	194.505,6786
Total					3190231,2132

2. Aliran 25

$$Q = P \times t \quad (1 \text{ W} = 14,340 \text{ cal/min})$$

$$Q = 700904,9243 \text{ W} \times 14,340 \text{ cal/min} \times 90 \text{ min}$$

$$Q = 904587895,3 \text{ cal}$$

3. Aliran 26

Neraca Panas Komponen Aliran 26

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Uap Air	2.399,70	1,0076	100	75	181.345,3319
Total					181.345,3319

❖ Aliran Q Keluar

1. Aliran 27

Neraca Panas Komponen Aliran 27

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Jahe	1.049.868,77	0,4632	100	75	36.469.814,7324
Liquid	599.925,01	1,0076	100	75	45.336.332,96
Total					96.445.496,5606



2. Aliran 28

Neraca Panas Komponen Aliran 28

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	2.348.706,41	0,9987	30	5	11.728.265,4679
Minyak Jahe	1.200	0,46316	30	4	2.778,999882
Total					11.731.044,4678

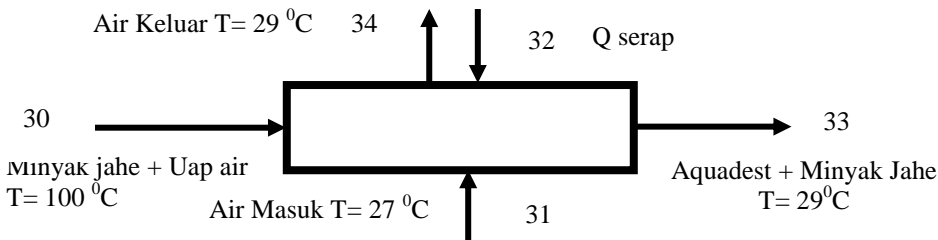
❖ Neraca Panas Total

Neraca Panas Total Proses *Microwave Steam Diffusion*

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 24)		(Aliran 27)	
Air	2.995.725,5346	Jahe	36.469.814,7324
Jahe	194.505,6786	Liquid	45.336.332,9625
(Aliran 25)		(Aliran 28)	
Microwa ve	904.587.895,2524	Air	11.728.265,4679
(Aliran 26)		Minyak Jahe	2.778,999882
Uap Air	181.345,3319	(Aliran 29)	
Total		Qloss	995.586.266,0704
1.089.123.458,2330		Total	1.089.123.458,2330

**VI.3.3.2 Distilasi untuk *Microwave Steam Diffusion***

Fungsi : Untuk mendapatkan minyak jahe dari jahe kering

**❖ Aliran Q Masuk****1. Aliran 30****Neraca Panas Komponen Aliran 30**

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Uap Air	2.348.706,41	1,0076	100	75	177.491.743,5483
Minyak Jahe	1.200	0,46316	100	75	41.684,99824
Total					177.533.428,5465

2. Aliran 31**Neraca Panas Komponen Aliran 31**

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	84.183.735,34	0,9987	27	2	168.148.592,9723
Total					168.148.592,9723

❖ **Aliran Q Keluar****1. Aliran 33****Neraca Panas Komponen Aliran 33**

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	2.348.706,41	0,9987	29	4	9.382.612,3743
Minyak Jahe	1.200	0,46316	29	4	2,223,199906
Total					9.384.835,5742

2. Aliran 34**Neraca Panas Komponen Aliran 34**

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	8.4183.735,34	0,9987	29	4	336.297.185,9445
Total					336.297.185,9445

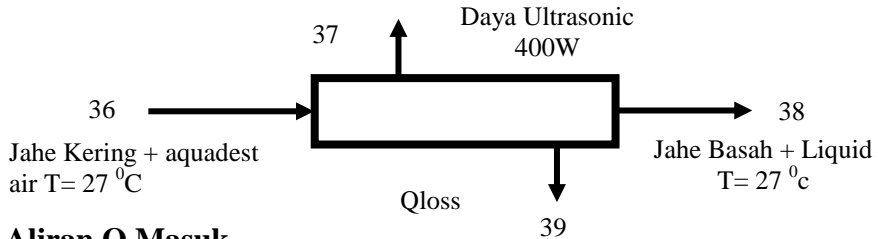
❖ **Neraca Panas total**
**Neraca Panas Total pada Proses Distilasi untuk Microwave
Steam Diffusion**

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 30)		(Aliran 33)	
Air	177.491.743,5483	Air	9.382.612,3743
Minyak Jahe	41.684,9982	Minyak Jahe	2.223,1999
(Aliran 31)		(Aliran 34)	
Air	168.148.592,9723	Air	336.297.185,9445
Qserap	0,0000		
Total	345.682.021,5188	Total	345.682.021,5188



VI.3.4.1 Metode untuk *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion Ultrasonic*

Fungsi : Untuk memperlebar pori-pori jahe kering



❖ Aliran Q Masuk

1. Aliran 36

Neraca Panas Komponen Aliran 36

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	1.499.812,52	0,9987	27	2	2.995.725,5343
Jahe Kering	209.973,7533	0,46316	27	2	194.505,6786
Total					8.275.151,4283

2. Aliran 37

$$Q = P \times t \quad (1 \text{ W} = 14,340 \text{ cal/min})$$

$$Q = 623.026,5993 \text{ W} \times 14,340 \text{ cal/min} \times 30 \text{ min}$$

$$Q = 268026043 \text{ cal}$$

❖ Aliran Q Keluar

1. Aliran 38

Neraca Panas Komponen Aliran 38

Komponen	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Pre Treated ginger	1.709.786,28	0,4632	30	5	3.959.579,8849
Total					3.959.579,8849



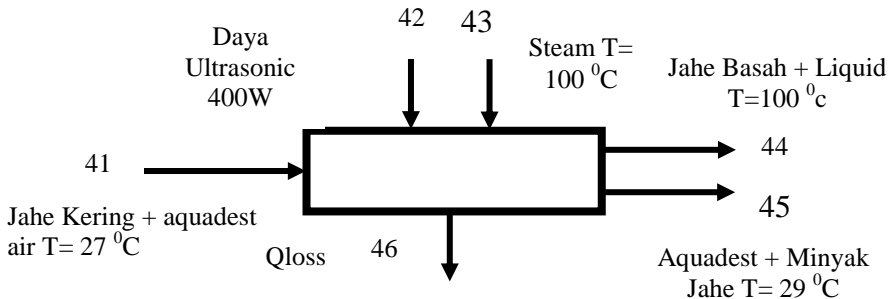
❖ Neraca Panas Total

Neraca Panas Total Pada proses *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion*

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 36)		(Aliran 38)	
Air	2.995.725,5343	Pre Tread Ginger	3.959.579,8849
Jahe Kering	194.505,6786		
(Aliran 37)		Q _{loss}	267.256.694,3657
Ultrasonik	268.026.043,0377		
Total	271.216.274,2506	Total	271.216.274,2506

VI.3.4.2 Microwave

Fungsi : Untuk mendapatkan minyak jahe



❖ Aliran Q Masuk

1. Aliran 41

Neraca Panas Komponen Aliran 41

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	1.499.812,52	0,9987	27	2	2.995.725,5343
Jahe	209.973,7533	0,4632	27	2	194.505,6786
Total					3.190.231,2129

*Pengambilan Minyak Jahe Putih Kecil
dengan Metode Microwave Ultrasonic
Steam Diffusion sebagai Bahan Essential
Oil*

*Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi ITS*

**2. Aliran 42**

$$Q = P \times t \quad (1 \text{ W} = 14,340 \text{ cal/min})$$

$$Q = 623026,5993 \text{ W} \times 14,340 \text{ cal/min} \times 90 \text{ min}$$

$$Q = 804078129,1 \text{ cal}$$

3. Aliran 43**Neraca Panas Komponen Aliran 43**

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Uap Air	2.399.700,04	1,0076	100	75	181.345.331,8335
Total					181.345.331,8335

❖ Aliran Q Keluar**1. Aliran 44****Neraca Panas Komponen Aliran 44**

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Jahe	1.049.868,77	0,4632	100	75	36.469.814,7290
Liquid	599.925,01	1,0076	100	75	45.336.332,96
Total					81.806.147,6874

2. Aliran 45**Neraca Panas Komponen Aliran 45**

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	2.348.706,41	0,9987	29	4	9.382.612,3735
Minyak Jahe	2.000	0,4632	29	4	3.705,333176
Total					9.386.317,7066

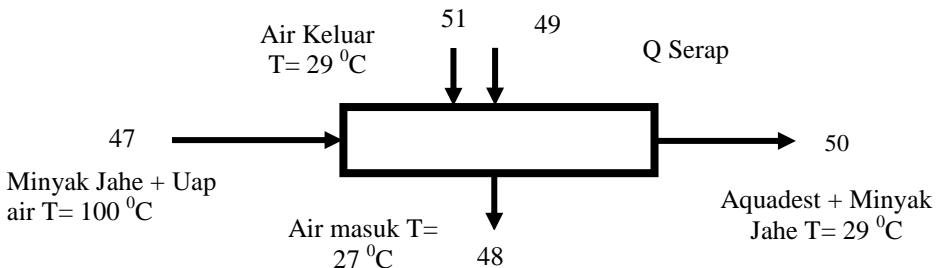
❖ **Neraca Panas Total**

Neraca Panas Total Proses *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion*

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 21)		(Aliran 24)	
Air	2.995.725,5343	Jahe Basah	36.469.814,7290
Jahe Kering	194.505,6786	Liquid	45.336.332,9584
(Aliran 22)		(Aliran 25)	
Microwave	804078129,1132	Air	9382612,3735
		Minyak Jahe	2000,000
(Aliran 23)		Qloss	897.422.932,0987
Uap Air	181.345.331,8335		
Total	988.613.692,1596	Total	988.613.692,1596

VI.3.4.3 Distilasi untuk *Microwave Steam Diffusion*

Fungsi : Untuk mendapatkan minyak jahe dari jahe kering.





❖ Aliran Q Masuk

1. Aliran 47

Neraca Panas Komponen Aliran 47

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Uap Air	2.348.706,41	1,0076	100	75	177.491.743,5321
Minyak Jahe	2.000	0,4632	100	75	69.474,99706
Total					177.561.218,5291

2. Aliran 48

Neraca Panas Komponen Aliran 48

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	84.196.906,39	0,9987	27	2	168.174.900,8225
Total					168.174.900,8225

❖ Aliran Q Keluar

1. Aliran 50

Neraca Panas Komponen Aliran 50

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	2.348.706,41	0,9987	29	4	9.382.612,3735
minyak Jahe	2.000	0,4632	29	4	3.705,333176
Total					9.386.317,7066



2. Aliran 51

Neraca Panas Komponen Aliran 51

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	84.196.906,39	0,9987	29	4	336.349.801,6450
Total					336.349.801,6450

❖ Neraca Panas total

Neraca Panas Total pada Proses Distilasi untuk *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion*

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 47)		(Aliran 50)	
Uap Air	177.491.743,5321	Air	9.382.612,3735
Minyak	69.474,9971	Minyak	3.705,3332
Jahe		Jahe	
(Aliran 48)		(Aliran 51)	
Air	168.174.900,8225	Air	336.349.801,6450
Qserap	0,0000		
Total	345.736.119,3516	Total	345.736.119,3516



Halaman Ini Sengaja di Kosongkan

BAB VII ESTIMASI BIAYA

VII.1 Estimasi Biaya

Produksi minyak atsiri jahe putih kecil di-scale up pada skala industri dengan kapasitas produksi sebesar 225 botol/sehari. Dengan rincian sebagai berikut :

- Volume minyak atsiri jahe putih untuk 1 botol yaitu 10 mL.
- Setiap botol berisi 8,89 gram minyak atsiri jahe putih.
- Untuk menghasilkan minyak atsiri jahe putih kecil 2.250 mL per hari dibutuhkan bahan baku (jahe putih kecil) basah sebesar 3.200.000 gram atau 3,2 ton.

Jadi, jahe putih kecil yang dibutuhkan setiap harinya yaitu 3,2 ton dan setiap tahunnya sebesar 1.152 ton.

VII.1.1 Peralatan (*Equipment*)

Peralatan merupakan salah satu penunjang di dalam proses industri. Berikut merupakan beberapa kebutuhan peralatan yang dibutuhkan dalam proses produksi :

Tabel VII.1 Biaya Investasi Peralatan per Bulan

No	Keterangan	Jumlah	Harga per Unit (Rp)	Lifetime (Bulan)	Biaya (Rp/Bulan)
1.	<i>Microwave</i>	1	273.000.000	6	45.500.000
2.	<i>Tray drying</i>	1	783.929.336,19	12	65.327.444,68
3.	Timbangan gantung digital	3	10.695.985,01	12	2.637.996,2
4.	Tangki	5	13.286.937,89	12	5.536.224,12
5.	<i>Washer</i>	3	132.869.379,01	12	33.217.344,75
6.	<i>Ultrasonic extractor</i>	2	332.173.447,54	6	110.724.482,51
7.	Kolom distilasi	1	930.085.653,10	12	77.507.137,76
8.	<i>Cooler</i>	2	13.286.937,90	6	4.428.979,30



9.	<i>Slicer</i>	4	93.008.565,31	12	31.002.855,10
10.	Pompa sentrifugal	3	18.365.000	12	4.591.250
11.	<i>Steam generator</i>	1	159.443.254,82	6	26.573.875,80
12.	Termokopel	1	2.657.387,58	4	664.346,90
Total					407.747.937,18

VII.1.2 Biaya Kebutuhan Bahan Baku

Bahan baku merupakan komponen penting dalam berjalannya suatu proses di industri. Oleh karena itu, perhitungan mengenai biaya bahan baku dilakukan untuk memperoleh analisa ekonomi yang baik. Berikut merupakan beberapa kebutuhan bahan baku yang dibutuhkan dalam proses produksi :

Tabel VII.2 Biaya Kebutuhan Bahan Baku Produksi per Produk

No	Keterangan	Kuantitas	Harga per Unit (Rp)	Total Biaya (Rp)
1.	Jahe Putih Kecil	13,93 kg	10.000	139.300
2.	Botol 10 mL	1 buah	3.000	3.000
Total				142.300

VII.1.3 Utilitas

Utilitas yang dibutuhkan dalam proses industri ini yaitu:

- Air yang digunakan untuk air pendingin, sanitasi, dan air umpan steam.
- Listrik yang digunakan sebagai tenaga penggerak dari peralatan proses serta penerangan.

Tabel VII.3 Biaya Utilitas per Bulan

No	Keterangan	Kuantitas	Harga per Unit (Rp)	Total Biaya (Rp)
1.	Air	1500 m ³	6.000	9.000.000
2.	Listrik	1400 kWh	1.500	2.100.000
Total				11.100.000

**VII.1.4 Biaya Pendukung Lainnya**

Pada proses produksi ini terdapat beberapa biaya pendukung lainnya yang terdiri dari gaji karyawan, sewa bangunan, dan *maintenance* peralatan.

Tabel VII.4 Biaya Pendukung Lainnya per Bulan

No	Keterangan	Kuantitas	Harga per Unit (Rp)	Total Biaya (Rp)
1.	Gaji karyawan	7 orang	3.000.000	21.000.000
2.	Sewa bangunan	-	12.000.000	12.000.000
3.	<i>Maintenance</i> peralatan	-	1.000.000	1.000.000
Total				34.000.000

VII.2 Fixed Cost (FC)

Fixed cost atau biaya tetap adalah total biaya yang tidak akan mengalami perubahan apabila terjadi perubahan volume produksi. Biaya tetap secara total akan selalu konstan sampai tingkat kapasitas penuh. Biaya tetap merupakan biaya yang akan selalu terjadi walaupun perusahaan tidak memproduksi. Biaya tetap meliputi PBB, penyusutan alat, sewa tanah atau bangunan, utilitas, gaji karyawan, dan *maintenance* peralatan.

1 Investasi Alat Rp 407.747.937,18

2 Utilitas Rp 11.100.400

3 Lain-lain Rp 34.000.000

Rp 452.847.937,18

VII.3 Variable Cost (VC)

Variable cost atau biaya variabel total biaya yang berubah-ubah tergantung dengan perubahan volume penjualan/produksi. Biaya variabel akan berubah secara proposional dengan perubahan volume produksi. Biaya variabel meliputi kebutuhan bahan baku.



1. Biaya Variabel per Produksi = 142.300
2. Biaya Variabel selama 1 Bulan = 142.300 x 6.750
= Rp 960.525.000

Dari hasil *fixed cost* dan *variable cost* maka dapat diketahui biaya total produksi (TC) dalam waktu satu bulan, yaitu :

$$\begin{aligned} \text{TC} &= \text{FC} + \text{VC} \\ \text{TC} &= 452.847.937,18 + 960.525.000 \\ \text{TC} &= \text{Rp } 1.413.372.937,18 \end{aligned}$$

VII.4 Harga Pokok Penjualan (HPP)

Harga pokok penjualan adalah seluruh biaya yang dikeluarkan untuk memperoleh barang yang dijual atau harga perolehan dari barang yang dijual.

1. HPP

$$\begin{aligned} \text{HPP} &= \frac{\text{TC}}{\text{Jumlah Produk Per Bulan}} \\ \text{HPP} &= \frac{\text{Rp } 1.413.372.937,18}{6.750 \text{ Unit}} \\ \text{HPP} &= \text{Rp } 209.388,58 \end{aligned}$$

2. Harga Jual

$$\begin{aligned} \text{Harga Jual} &= \frac{\text{HPP}}{(1 - \% \text{Mark Up})} \\ \text{Harga Jual} &= \frac{209.388,58}{(1 - 0.2)} \\ \text{Harga Jual} &= \text{Rp } 261.735,73 \end{aligned}$$

3. Laba = Harga Jual – HPP
= 261.735,73 – 209.388,58
= Rp 52.347,15



4. Hasil Penjualan per Bulan
Hasil Penjualan/Bulan = Harga Jual x Jumlah Produk/Bulan
Hasil Penjualan/Bulan = 261.735,73 x 6.750
Hasil Penjualan/Bulan = Rp 1.766.716.171,48
5. Laba per Bulan
Laba/Bulan = Laba x Jumlah Produk/Bulan
Laba/Bulan = 52.347,15 x 6.750
Laba/Bulan = Rp 353.343.234,30
6. Laba per Tahun
Laba/Tahun = Laba/Bulan x 12
Laba/Tahun = 353.343.234,30 x 12
Laba/Tahun = Rp 4.240.118.811,54

VII.5 Break Event Point (BEP)

Break event point (BEP) adalah titik impas dimana posisi jumlah pendapatan dan biaya sama atau seimbang sehingga tidak terdapat keuntungan ataupun kerugian dalam suatu perusahaan. BEP ini digunakan untuk menganalisa proyeksi sejauh mana banyaknya jumlah unit yang diproduksi atau sebanyak apa yang harus diterima untuk mendapatkan titik impas atau kembali modal.

Dalam menentukan BEP dapat melalui metode perhitungan secara langsung dan secara grafis.

a) Metode Perhitungan (Aljabar)

- Menentukan BEP dalam jumlah unit produk

$$\begin{aligned}\text{BEP} &= \frac{\text{Fixed Cost}}{P - VC} \\ \text{BEP} &= \frac{\text{Rp } 452.847,93,18}{\text{Rp } 261.735,73 - \text{Rp } 142.300} \\ \text{BEP} &= 3.791,56 \text{ unit}\end{aligned}$$

Artinya, perusahaan perlu menjual 3.791,56 unit botol untuk tercapainya titik impas antara total penjualan sama dengan



total biaya produksi. Pada penjualan ke-3.791,56 unit (botol), maka perusahaan tersebut akan mulai memperoleh laba.

- Menentukan BEP dalam jumlah unit rupiah

$$\begin{aligned} \text{BEP} &= \frac{\text{Fixed Cost}}{1 - (\text{VC/P})} \\ \text{BEP} &= \frac{\text{Rp } 452.847.937,18}{1 - (\text{Rp } 142.300 / \text{Rp } 261.735,73)} \\ \text{BEP} &= \text{Rp } 992.387.168,38 \end{aligned}$$

Artinya, perusahaan perlu mendapatkan omset penjualan produk minyak atsiri jahe putih kecil senilai Rp 992.387.168,38 agar terjadi BEP dan perusahaan akan memperoleh keuntungan jika mendapatkan omset sebesar Rp 992.387.168,38.

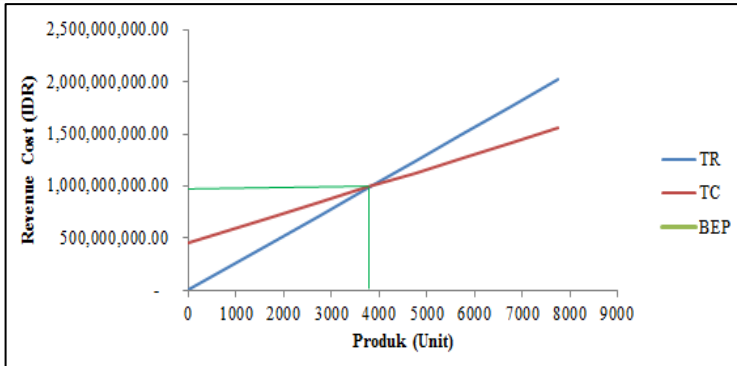
b) Metode Grafik

Pada penentuan BEP dengan metode grafik dapat diketahui dari perpotongan antara garis *total cost* dan total penghasilan selang waktu tertentu.

Tabel VII.5 Perhitungan Biaya Penjualan

Botol	Total Penghasilan (Rp)	Fixed Cost (Rp)	Variable Cost (Rp)	Total Biaya (Rp)
0	-	452.847.937,18	-	452.847.937,18
1.750	458.037.527,5	452.847.937,18	249.025.000	701.872.937,18
2.750	719.773.257,5	452.847.937,18	391.325.000	844.172. 937,18
3.750	981.508.987,5	452.847.937,18	533.625.000	986.472. 937,18
4.750	1.243.244.717,5	452.847.937,18	675.925.000	1.128.772. 937,18
5.750	1.504.980.447,5	452.847.937,18	818.225.000	1.271.072. 937,18
6.750	1.766.716.177,5	452.847.937,18	960.525.000	1.413.372. 937,18
7.750	2.028.451.907,5	452.847.937,18	1.102.825.000	1.555.672. 937,18

Dari tabel VII.5, maka dapat dibuat grafik VII.1 sehingga dapat diketahui BEP.



Grafik VII.1 Grafik *Break Even Point* (BEP)

Keterangan :

BEP = *Break Even Point*

TC = *Total Cost* (Total Biaya)

TR = *Total Revenue* (Total Penghasilan)

VC = *Variabel cost*

Dari grafik tersebut diketahui bahwa BEP berada pada titik produksi unit ke-3.791,56 unit dengan BEP rupiah yang didapatkan sebesar Rp 992.387.168,38.

BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

VIII.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode yang terbaik untuk menghasilkan ekstrak minyak jahe putih kecil (*Zingiberene officinale var. Amarum*) adalah dengan menggunakan metode *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion* (MUSDf) karena menghasilkan *yield* minyak yang lebih tinggi dibandingkan tiga metode lainnya yaitu *Steam Diffusion* (SDf), *Microwave Extraction* (ME), dan *Microwave Steam Diffusion* (MSDf). Metode MUSDf menghasilkan *yield* 0,952% lebih tinggi dibandingkan dengan metode SDf sebesar 0,127%, ME sebesar 0,508%, dan MSDf sebesar 0,571%.
2. Metode MUSDf membutuhkan biaya per gram lebih rendah 66% dibandingkan dengan metode MSDf yaitu Rp 19.500 dan Rp 32.500. Namun, kadar minyak jahe *zingiberene* dari metode MUSDf sebesar 6,38% lebih rendah dibandingkan dengan metode MSDf sebesar 8,93%.
3. Suhu operasi ekstraksi yang optimum untuk menghasilkan ekstrak minyak jahe putih kecil pada metode MUSDf dan MSDf adalah 100°C dimana menghasilkan *yield* sebesar 0,952% dan 0,571%.

VIII.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa saran untuk menyempurnakan penelitian selanjutnya yaitu :

1. Pengeringan jahe putih kecil menggunakan oven seharusnya dilakukan setelah pemotongan menjadi bagian yang lebih kecil tanpa dilakukan penyimpanan agar dapat menghasilkan *yield* yang lebih besar dalam waktu yang lebih singkat.



2. Jenis kondensor tipe *glassware* yang digunakan dalam inovasi sebaiknya ditinjau ulang jenisnya. Hal ini dikarenakan jika menggunakan jenis kondensor *glassware*, minyak jahe yang dihasilkan dapat tersangkut pada dinding bagian dalam kondensor.
3. Desain konektor distilasi untuk menampung distilat sebaiknya diperkecil volume dan tingginya untuk mencegah minyak menempel pada dinding konektor distilat.

DAFTAR NOTASI

No.	Notasi	Keterangan	Satuan
1.	ΔH	Enthalpi	Cal
2.	C_p	<i>Heat Capacities</i>	Cal/gr.°C
3.	M	Massa	gr
4.	P	Daya	Watt
5.	H_v	<i>Saturated Liquid</i>	Cal/gr
6.	H_L	<i>Saturated Vapor</i>	Cal/gr
7.	T	Suhu	°C
8.	T_{ref}	Suhu Referensi	°C
9.	T	Waktu	min
10.	Λ	Panas Laten	Cal/gr

DAFTAR PUSTAKA

- Chemat, F., Huma, Z.-e., & Khan, M. K. (2011). *Applications of Ultrasound in Food Technology: Processing, Preservation and Extraction*. Ultrasonics Sonochemistry 18, 813-835.
- Chemat, F., Viot, M., Tamao, V., Ginies, C., & Visinoni, F. (2008). *Green Procedure with a Green Solvent for Fats and Oils Determination: Microwave-integrated Soxhlet Using Limonene Followed by Microwave Clevenger Distillation*. Journal of Chromatography A, 147–152.
- Chen, D., Sharma, S. K., & Mudhoo, A. (2012). *Handbook on Applications of Ultrasound Sonochemistry for Sustainability (1 ed.)*. New York: CRC Press.
- Farhat, A., Tixier, A. S., Maataoui, M. E., Maingonnat, J. F., Romdhane, M., & Chemat, F. (2011). *Microwave Steam Diffusion for Extraction of Essential Oil from Orange Peel: Kinetic Data, Extract's Global Yield and Mechanism*. Food Chemistry 125, 255–261.
- Handayani, D., Paramita, V., & Faizah, L. (2015). *Peningkatan Kadar Zingiberen dalam Minyak Jahe dengan Ekstraksi Cair-Cair*. Prosiding SNST ke-6, 44-50.
- Hernani, & Winarti, C. (2011). *Kandungan Bahan Aktif Jahe dan Pemanfaatannya dalam Bidang Kesehatan*. Status Teknologi Hasil Penelitian Jahe, 126-142.
- Issartier, S. P., Ginies, C., Cravotto, G., & Chemat, F. (2013). *A Comparison of Essential Oils Obtained from Lavandin via Different Extraction Processes: Ultrasound, Microwave, Turbohydrodistillation, Steam and Hydrodistillation*. Journal of Chromatography A 1305, 41-47.
- Kamaliroosta, Z., Kamaliroosta, L., & Elhamirad, A. H. (2013). *Isolation and Identification of Ginger Essential Oil*. Journal of Food Biosciences and Technology, 73-80.

- Khan, M. K., Vian, M. A., Tixier, A. S., Chemat, F., & Dangles, O. (2010). *Ultrasound-Assisted Extraction of Polyphenols (Flavanone Glycosides) from Orange (Citrus sinensis L.) Peel*. Food Chemistry, 851-858.
- Krishnan, R. Y., Chandran, M. N., Vadivel, V., & Raja, K. S. (2016). *Insights on the Influence of Microwave Irradiation on the Extraction of Flavonoids from Terminalia chebula*. Separation and Purification Technology 170, 224–233.
- Kurniasari, L., Hartati, I., Ratnani, R. D., & Sumantri, I. (2008). *Kajian Ekstraksi Minyak Jahe Menggunakan Microwave Assisted Extraction (MAE)*. Momentum, Vol. 4, No. 2, 47-52.
- Li, Y., Tixier, A. S., Vian, M. A., & Chemat, F. (2013). *Solvent Free Microwave Extraction of Bioactive Compounds Provides a Tool for Green Analytical Chemistry*. Trends in Analytical Chemistry Vol 47, 1-11.
- Lin, C. M., Sheu, S. R., Hsu, S. C., & Tsai, Y. H. (2010). *Determination of Bactericidal Efficacy of Essential Oil Extracted from Orange Peel on the Food Contact Surfaces*. Food Control, 1710-1715.
- Liu, Q. M., Yang, X. M., Zhang, L., & Majetich, G. (2010). *Optimization of Ultrasonic-Assisted Extraction of Chlorogenic Acid from Folium eucommiae and Evaluation of its Antioxidant Activity*. Journal of Medicinal Plants Research Vol. 4 (23), 2503-2511.
- Mesomo, M. C., Corazza, M. L., Ndiaye, P. M., Santa, O. R., Cardozo, L., & Scheer, A. d. (2013). *Supercritical CO₂ Extracts and Essential Oil of Ginger (Zingiber officinale R.) : Chemical Composition and Antibacterial Activity*. The Journal of Supercritical Fluids, 44-49.
- Muchtaridi. (2007). *Penelitian Pengembangan Minyak Atsiri sebagai Aromaterapi dan Potensinya sebagai Produk Sediaan Farmasi*. J. Tek. Ind. Pert. Vol. 17(3), 80-88.

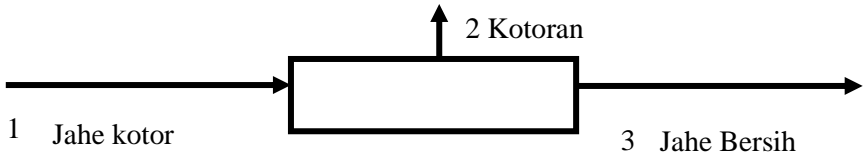
- Mukhriani. (2014). *Ekstraksi, Pemisahan Senyawa, dan Identifikasi Senyawa Aktif*. Jurnal Kesehatan Volume VII No. 2, 361-367.
- Paisooksantivatana, Y., & Bua-in, S. (2009). *Essential Oil and Antioxidant Activity of Cassumunar Ginger (Zingiberaceae: Zingiber montanum (Koenig) Link ex Dietr.)*. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 43, 467-475.
- Rukmana, R. (2000). *Usaha Tani Jahe*. Yogyakarta: Kanisius.
- Rusli, M. S. (2010). *Sukses Memproduksi Minyak Atsiri*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Sansan, Y., Shuangming, L., Xiu, L. W., & Xiao, X. (2012). *Reinforced Extraction Method for Lavender Essential Oil*. CN102676299A, 1-7.
- Setyaningrum, H. D., & Saparinto, C. (2013). *Jahe*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Wardhani, D. H., Sari, D. K., & Prasetyaningrum, A. (2013). *Ultrasonic Assisted Extraction of Antioxidant Phenolic Compounds from Eucheima cottonii*. Reaktor Vol. 14 No. 4, 291-297.
- Wulandari, Y. W. (2013). *Karakteristik Minyak Atsiri beberapa Varietas Jahe (Zingiber officinale)*. Jurnal Kimia dan Teknologi, 43-50.
- Yu, Y., Huang, T., Yang, B., Liu, X., & Duan, G. (2007). *Development of Gas Chromatography-mass Spectrometry with Microwave Distillation and Simultaneous Solid-phase Microextraction for Rapid Determination of Volatile Constituents in Ginger*. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 24-31.

APPENDIKS A NERACA MASSA

A.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

A.1.1 Pencucian

Fungsi : Untuk membuang kotoran tanah yang menempel

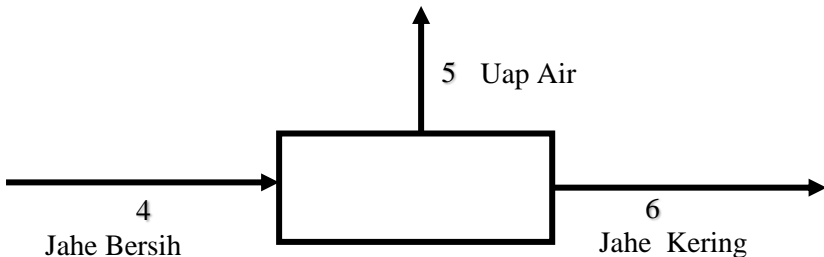


Tabel A.1 Neraca Massa Total pada Proses Pencucian

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 1)		(Aliran 2)	
Jahe Kotor	3.133,9366	Kotoran	18,8036
		(Aliran 3)	
		Jahe Bersih	3115,1329
Total	3.133,9366	Total	3.133,9366

A.1.2 Pengeringan

Fungsi : Untuk Menurunkan Kadar Air pada jahe



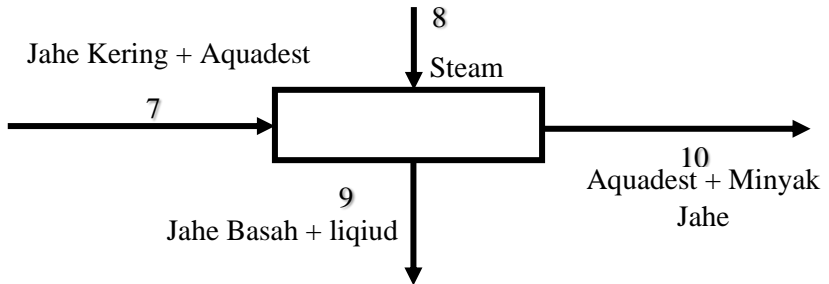
Tabel A.2 Neraca Massa Total pada Proses Pengeringan

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 4)		(Aliran 5)	
Jahe Bersih	3115,1329	Uap Air	2905,1592
		(Aliran 6)	
		Jahe Kering	209,9737
Total	3115,1329	Total	3115,1329

A.2 Tahap Percobaan

A.2.1 Steam Diffusion

Fungsi : Untuk mendapatkan minyak jahe

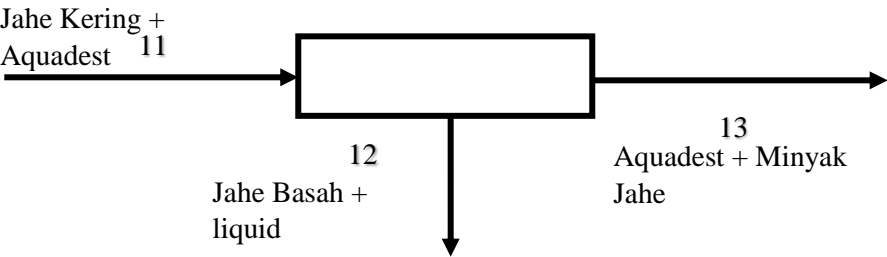


Tabel A.3 Neraca Massa Pada Proses Ekstraksi Menggunakan Metode MSDf

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 7)		(Aliran 9)	
Jahe Kering	209,9737533	Jahe basah	1049,868767
Aquadest	1499,812524	Liquid	659,9175104
	1709,786277		1709,786277
(Aliran 8)		(Aliran 10)	
Steam	3599,550057	Aquadest	3590,551181
		Minyak Jahe	0,26667
			3590,817851
		Mass Losses	8,732208475
Total	5309,336333	Total	5309,336333

A.2.2 Microwave Extraction

Fungsi : Untuk mendapatkan minyak jahe

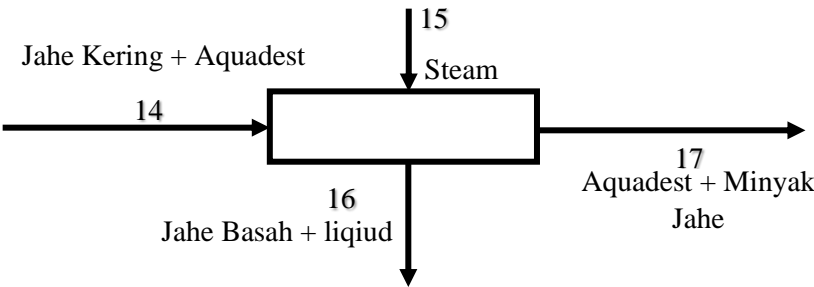


Tabel A.4 Neraca Massa Total Pada *Proses Microwave Extraction*

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 11)		(Aliran 12)	
Jahe Kering	209,9737533	Jahe basah	449,9437571
Aquadest	1499,812524	Liquid	0
	1709,786277		449,9437571
		(Aliran 13)	
		Aquadest	1250,843645
		Minyak	1,066666667
		Jahe	1251,910311
		Mass Losses	7,932208475
Total	1709,786277	Total	1709,786277

A.2.3 Microwave Steam Diffusion

Fungsi : Untuk Mendapatkan Minyak jahe



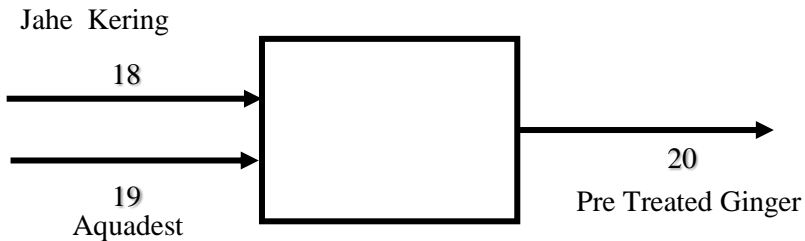
Tabel A.5 Neraca Massa pada Proses *Microwave Steam Diffusion*

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 14)		(Aliran 16)	
Jahe Kering	209,9737533	Jahe basah	1049,868767
Aquadest	1499,812524	Liquid	599,9250094
	1709,786277		1649,793776
(Aliran 15)		(Aliran 17)	
Steam	2399,700038	Aquadest	2348,706412
		Minyak Jahe	1,2
			2349,906412
		Mass Losses	109,7861267
Total	4109,486315	Total	4109,486315

A.2.4 *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion*

A.2.4.1 Ultrasonic Maseration

Fungsi : untuk merusak sel pada jahe sehingga mempercepat proses ekstraksi

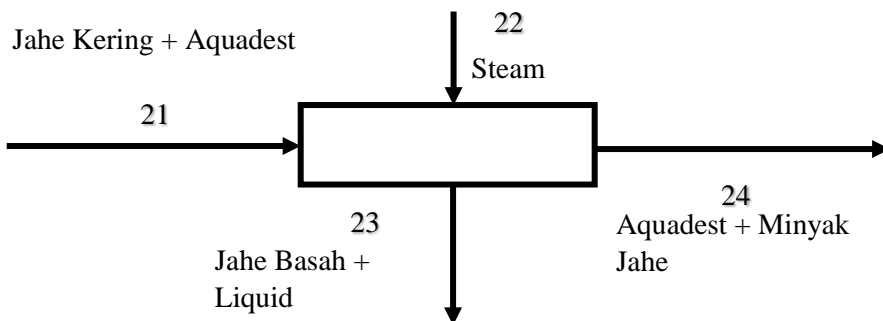


Tabel A.6 Neraca Massa Total Pada *Ultrasonic Maseration*

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 18)		(Aliran 20)	
Jahe Kering	209,9737	Pre Treated Ginger	1709,7862
(Aliran 19)			
Aquadest	1499,8125		
Total	1709,7862	Total	1709,7862

A.2.4.2 *Microwave Steam Diffuison*

Fungsi : untuk mendapatkan minyak jahe dari *pretreated ginger*



Tabel A.7 Neraca Massa pada Proses *Microwave Extraction*

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 14)		(Aliran 16)	
Jahe Kering	209,9737	Jahe basah	1049,8687
Aquadest	1499,8125	Liquid	599,9250
	1709,7862		1649,7937
(Aliran 15)		(Aliran 17)	
Steam	2399,7000	Aquadest	2348,7064
		Minyak Jahe	2
			2350,7064
		Mass Losses	108,9861
Total	4109,4863	Total	4109,4863

APPENDIKS B NERACA PANAS

B.1 Data Perhitungan

Asumsi skala pabrik

- Kapasitas produksi : 2 Kg/hari
- Suhu *reference* yang digunakan (T_{ref}) : 25 °C

Perhitungan *Heat Capacity* pada senyawa dalam proses menggunakan metode ikatan penyusun senyawa

Tabel B.1 Nilai Heat Capacity pada Jenis Ikatan

Jenis Ikatan	ΔC_p (kJ/kmol. °C)	Jenis Ikatan	ΔC_p (kJ/kmol. °C)
CH ₃ —	36,82	OH —	44,7
—CH ₂ —	30,38	—NH 	43,93
—CH — 	20,92	— C — O	52,97
CH ₂ =	21,76	— S —	33,47
=C — 	15,90	— ONa	42,7
=CH —	21,34	— O —	35,15

Sumber: Perry (1997)

Tabel B.2 Data *Heat Capacities* Air

T (°C)	Cal/gram.°C
0	1.0080
10	1.0019
20	0.9995
25	0.9989
30	0.9987
40	0.9987
50	0.9992
60	1.0001
70	1.0013
80	1.0029
90	1.0050
100	1.0076

(Geankoplis, 2003)

B.2. Tahap Persiapan Bahan Baku

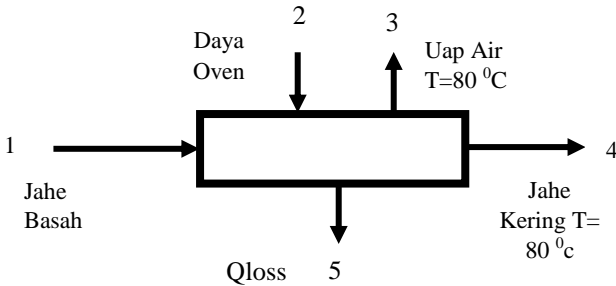
B.2.1. Pengeringan

Fungsi : Untuk menurunkan kadar air pada jahe

Kondisi Operasi : T = 80 °C

t = 12 jam

P = 1 atm



Aliran Q Masuk

1. Aliran 1

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Jahe Basah	3.115.132,997	0,4632	27	2	2.885.651,4105
Total					2.885.651,4105

Neraca Panas Komponen Aliran 1

2. Aliran 2

$$Q = P \times t \quad (1 \text{ W} = 14,340 \text{ cal/min})$$

$$Q = 934539,899 \text{ W} \times 14,340 \text{ cal/min} \times 12 \text{ h} \times 60 \text{ min}$$

$$Q = 9642208862 \text{ cal}$$

❖ Aliran Q Keluar

1. Aliran 3

Neraca Panas Komponen Aliran 3

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	2.905.159,24	1,0029	80	55	160.247.131,2874
Total					160.247.131,2874

2. Aliran 4

Neraca Panas Komponen Aliran 4

Komponen	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Jahe Kering	209.973,7533	0,4632	80	55	5.348.906,1607
Total					5.348.906,1607

❖ Neraca Panas Total

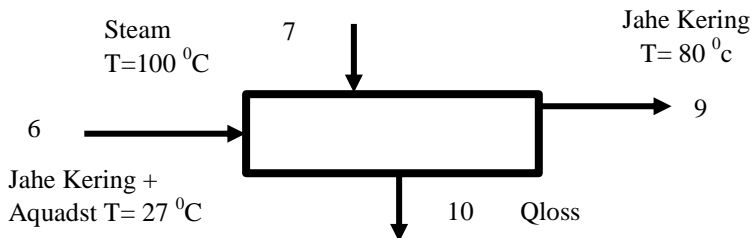
Neraca Panas Total pada Proses Pengeringan

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 1)		(Aliran 3)	
Jahe	2.885.651,4105	Air	160.247.131,2874
(Aliran 2)		(Aliran 4)	
Oven	9.642.208.862,0856	Jahe Kering	5.348.906,1607
		(Aliran 5)	
		Q Loss	9479498476,0480
Total	9.645.094.513,4961	Total	9.645.094.513,4961

B.3. Tahap Percobaan

B.3.1.1 Metode untuk *Steam Diffusion*

Fungsi : Untuk mengambil minyak jahe dari Jahe kering



❖ Aliran Q Masuk

1. Aliran 6

Neraca Panas Komponen Aliran 6

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	1.499.812,52	0,9987	27	2	2.995.725,5346
Jahe	209.973,7533	0,4631666	27	2	194.505,6786
Total					3190231,2132

2. Aliran 7

Neraca Panas Komponen Aliran 7

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Uap Air	3.599.550,06	1,0076	100	75	272.017.997,7751
Total					272.017.997,7751

❖ Aliran Q Keluar

1. Aliran 8

Neraca Panas Komponen Aliran 8

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Jahe	1.049.868,77	0,4632	100	75	36.469.814,7324
Liquid	659.917,51	1,0076	100	75	49.869.966,26
Total					86.339.780,9911

2. Aliran 9

Neraca Panas Komponen Aliran 9

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	3.590.551,18	0,9987	28	3	10.757.650,3947
Minyak Jahe	266,67	0,463166	28	3	370,53793
Total					10.758.020,9326

❖ Neraca Panas Total

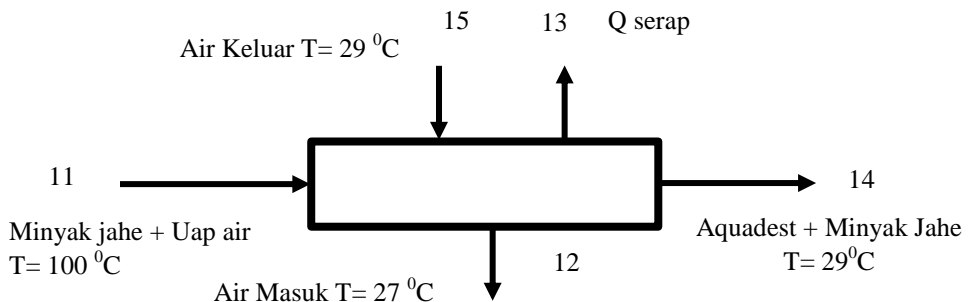
Neraca Panas Total Proses *Steam Diffusion*

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 6)		(Aliran 8)	
Air	2.995.725,5346	Jahe	36.469.814,7324
Jahe	194.505,6786	Liquid	49.869.966,2588
(Aliran 7)		(Aliran 9)	
Uap Air	272.017.997,7751	Air	10.757.650,3947
		Minyak	370,5379
		Jahe	
		(Aliran 10)	
		Qloss	178.110.427,0645
Total	275.208.228,9883	Total	275.208.228,9883

B.3.1.2 Distilasi untuk *Steam Diffusion*

Fungsi : Untuk mendapatkan minyak jahe dari jahe kering

Kondisi Operasi: T = 100 °C
 P = 1 atm



❖ Aliran Q Masuk

1. Aliran 11

Neraca Panas Komponen Aliran 11

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Uap Air	3.590.551,18	1,0076	100	75	271.337.952,7807
Minyak Jahe	266,67	0,463166	100	75	9.263,448733
Total					271347216,2294

2. Aliran 12

Neraca Panas Komponen Aliran 12

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	128.668.863,68	0,9987	27	2	257.003.188,3192
Total					257.003.188,3192

❖ Aliran Q Keluar

1. Aliran 14

Neraca Panas Komponen Aliran 14

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	3.590.551,18	0,9987	29	4	14.343.533,8596
Minyak Jahe	266,67	0,463166647	29	4	494,0505991
Total					14.344.027,9102

2. Aliran 15

Neraca Panas Komponen Aliran 15

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	128.668.863,68	0,9987	29	4	514.006.376,6384
Total					514.006.376,6384

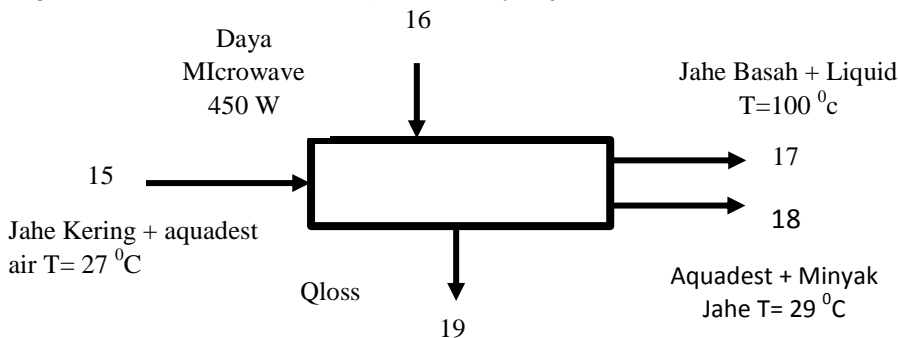
❖ Neraca Panas total

Neraca Panas Total pada Proses Distilasi untuk *Steam Diffusion*

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 11)		(Aliran 14)	
Air	271.337.952,7807	Air	14.343.533,8596
Minyak	9.263,4487	Minyak	494,0506
Jahe		Jahe	
(Aliran 12)		(Aliran 15)	
Air	257.003.188,3192	Air	514.006.376,6384
Qserap	0,0000		
Total	528.350.404,5486	Total	528.350.404,5486

B.3.2.1 Metode untuk *Microwave Extraction*

Fungsi : Untuk mendapatkan minyak jahe



Entalpi bahan masuk dapat dihitung dengan rumus :

$$Q = m \cdot C_p \cdot (T - T_{\text{ref}}), \quad T_{\text{ref}} = 25^\circ\text{C}$$

❖ **Aliran Q Masuk**

1. Aliran 15

Neraca Panas Komponen Aliran 15

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	1.499.812,52	0,9987	27	2	2.995.725,5343
Jahe	209.973,7533	0,4632	27	2	194.505,6786
Total					3.190.231,2129

2. Aliran 16

$$Q = P \times t \quad (1 \text{ W} = 14,340 \text{ cal/min})$$

$$Q = 623026,5993 \text{ W} \times 14,340 \text{ cal/min} \times 90 \text{ min}$$

$$Q = 804078129,1 \text{ cal}$$

❖ **Aliran Q Keluar**

3. Aliran 17

Neraca Panas Komponen Aliran 17

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Jahe	449.943,76	0,4632	100	75	15.629.920,5996
Liquid	0,00	0,9987	100	75	0
Total					15.629.920,5996

4. Aliran 18

Neraca Panas Komponen Aliran 18

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	1.250.843,64	0,9987	29	4	4.996.870,1917
Minyak Jahe	1.066,666667	0,4632	29	4	1.976,177695
Total					4.998.846,3694

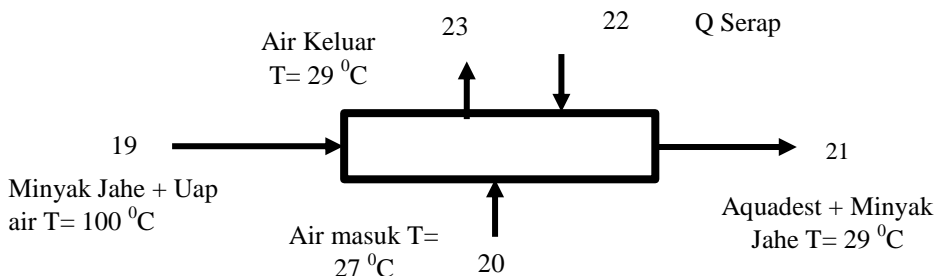
❖ Neraca Panas Total

Neraca Panas Total Proses *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion*

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 21)		(Aliran 24)	
Air	2.995.725,5346	Jahe Basah	15.629.920,5996
Jahe Kering	194.505,6786	Liquid	0,0000
(Aliran 22)		(Aliran 25)	
Microwave	804.078.129,1132	Air	9.382.612,3735
		Minyak	
		Jahe	1.066,6667
		Qloss	786.640.502,7951
Total	807.268.360,2530	Total	807.268.360,2530

B.3.2.2 Distilasi untuk *Microwave Extraction*

Fungsi : Untuk mendapatkan minyak jahe dari jahe kering.



Entalpi bahan masuk dapat dihitung dengan rumus :

$$Q = m \cdot C_p \cdot (T - T_{\text{ref}}), \quad T_{\text{ref}} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

❖ Aliran Q Masuk

1. Aliran 19

Neraca Panas Komponen Aliran 19

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Uap Air	1.250.843,64	0,9987	100	75	93.691.316,0940
Minyak	1.066,666667	0,4632	100	75	37.053,33178
Jahe					
Total					93.728.369,4258

2. Aliran 20

Neraca Panas Komponen Aliran 28

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	44.422.510,79	0,9987	27	2	88.729.523,0564
Total					88.729.523,0564

❖ Aliran Q Keluar

1. Aliran 21

Neraca Panas Komponen Aliran 21

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	1.250.843,64	0,9987	29	4	4.996.870,1917
Minyak	1.066,666667	0,4632	29	4	1.976,177695
Jahe					
Total					4.998.846,3694

2. Aliran 22

Neraca Panas Komponen Aliran 22

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	44.422.510,79	0,9987	29	4	177.459.046,1129
Total					177.459.046,1129

❖ Neraca Panas total

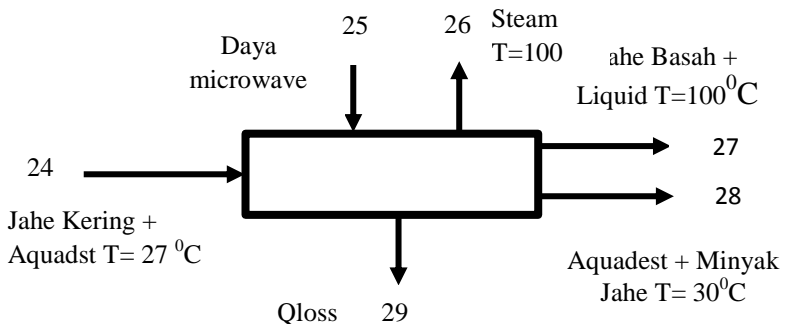
Neraca Panas Total pada Proses Distilasi untuk *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion*

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 27)		(Aliran 29)	
Uap Air	93.691.316,0940	Air	4.996.870,1917
Minyak	37.053,3318	Minyak	1.976,1777
Jahe		Jahe	
(Aliran 28)		(Aliran 31)	
Air	88.729.523,0564	Air	177.459.046,1129
Qserap	0,0000		
Total	182.457.892,4823	Total	182.457.892,4823

B.3.3.1 Metode untuk *Microwave Steam Diffusion*

Fungsi : Untuk mengambil minyak jahe dari Jahe kering

Kondisi Operasi : T = 100 °C



❖ Aliran Q Masuk

1. Aliran 24

Neraca Panas Komponen Aliran 24

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	1.499.812,52	0,9987	27	2	2.995.725,5346
Jahe	209.973,7533	0,4631666	27	2	194.505,6786
Total					3190231,2132

2. Aliran 25

$$Q = P \times t \quad (1 \text{ W} = 14,340 \text{ cal/min})$$

$$Q = 700904,9243 \text{ W} \times 14,340 \text{ cal/min} \times 90 \text{ min}$$

$$Q = 904587895,3 \text{ cal}$$

3. Aliran 26

Neraca Panas Komponen Aliran 26

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Uap Air	2.399,70	1,0076	100	75	181.345,3319
Total					181.345,3319

❖ Aliran Q Keluar

1. Aliran 27

Neraca Panas Komponen Aliran 27

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Jahe	1.049.868,77	0,4632	100	75	36.469.814,7324
Liquid	599.925,01	1,0076	100	75	45.336.332,96
Total					96.445.496,5606

2. Aliran 28

Neraca Panas Komponen Aliran 28

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	2.348.706,41	0,9987	30	5	11.728.265,4679
Minyak Jahe	1.200	0,46316	30	4	2.778,999882
Total					11.731.044,4678

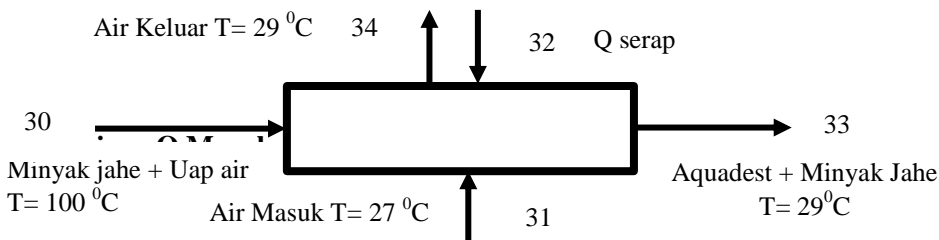
❖ Neraca Panas Total

Neraca Panas Total Proses *Microwave Steam Diffusion*

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 24)		(Aliran 27)	
Air	2.995.725,5346	Jahe	36.469.814,7324
Jahe	194.505,6786	Liquid	45.336.332,9625
(Aliran 25)		(Aliran 28)	
Microwa ve	904.587.895,2524	Air	11.728.265,4679
(Aliran 26)		Minyak Jahe	2.778,999882
Uap Air	181.345,3319	(Aliran 29)	
Total		Qloss	995.586.266,0704
1.089.123.458,2330		Total	
		1.089.123.458,2330	

B.3.3.2 Distilasi untuk *Microwave Steam Diffusion*

Fungsi : Untuk mendapatkan minyak jahe dari jahe kering



Neraca Panas Komponen Aliran 30

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Uap Air	2.348.706,41	1,0076	100	75	177.491.743,5483
Minyak	1.200	0,46316	100	75	41.684,99824
Jahe					
Total					177.533.428,5465

2. Aliran 31

Neraca Panas Komponen Aliran 31

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	84.183.735,34	0,9987	27	2	168.148.592,9723
Total					168.148.592,9723

❖ Aliran Q Keluar

1. Aliran 33

Neraca Panas Komponen Aliran 33

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	2.348.706,41	0,9987	29	4	9.382.612,3743
Minyak	1.200	0,46316	29	4	2,223,199906
Jahe					
Total					9.384.835,5742

2. Aliran 34

Neraca Panas Komponen Aliran 34

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	8.4183.735,34	0,9987	29	4	336.297.185,9445
Total					336.297.185,9445

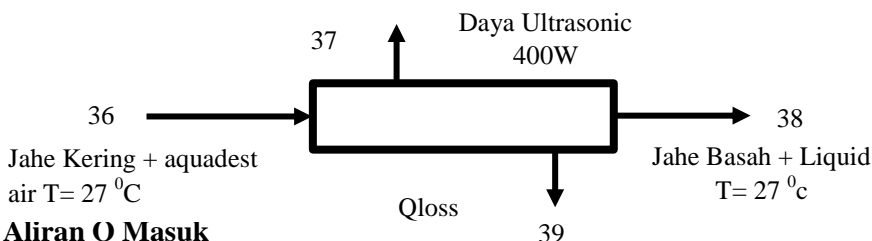
❖ **Neraca Panas total**

Neraca Panas Total pada Proses Distilasi untuk *Microwave Steam Diffusion*

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 30)		(Aliran 33)	
Air	177.491.743,5483	Air	9.382.612,3743
Minyak Jahe	41.684,9982	Minyak Jahe	2.223,1999
(Aliran 31)		(Aliran 34)	
Air	168.148.592,9723	Air	336.297.185,9445
Qserap	0,0000		
Total	345.682.021,5188	Total	345.682.021,5188

B.3.4.1 Metode untuk *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion Ultrasonic*

Fungsi : Untuk memperlebar pori-pori jahe kering



❖ **Aliran Q Masuk**

1. Aliran 36

Neraca Panas Komponen Aliran 36

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	1.499.812,52	0,9987	27	2	2.995.725,5343
Jahe Kering	209.973,7533	0,46316	27	2	194.505,6786
Total					8.275.151,4283

2. Aliran 37

$$Q = P \times t \quad (1 \text{ W} = 14,340 \text{ cal/min})$$

$$Q = 623.026,5993 \text{ W} \times 14,340 \text{ cal/min} \times 30 \text{ min}$$

$$Q = 268026043 \text{ cal}$$

❖ Aliran Q Keluar

1. Aliran 38

Neraca Panas Komponen Aliran 38

Komponen	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Pre Treated ginger	1.709.786,28	0,4632	30	5	3.959.579,8849
Total					3.959.579,8849

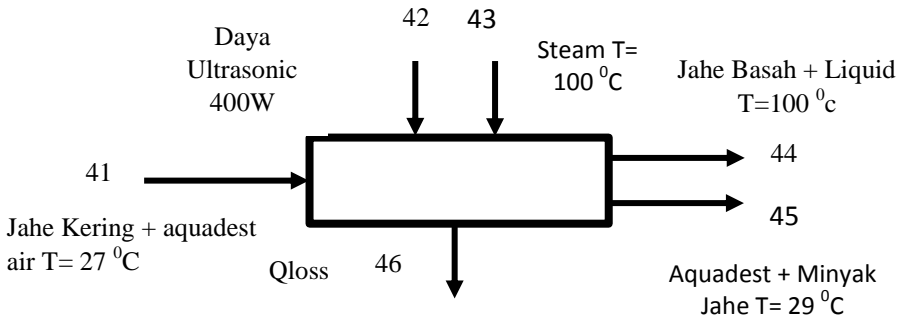
❖ Neraca Panas Total

Neraca Panas Total Pada proses *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion*

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 36)		(Aliran 38)	
Air	2.995.725,5343	Pre Tread Ginger	3.959.579,8849
Jahe Kering	194.505,6786		
(Aliran 37)			
Ultrasonik	268.026.043,0377	Qloss	267.256.694,3657
Total	271.216.274,2506	Total	271.216.274,2506

B.3.4.2 Microwave

Fungsi : Untuk mendapatk minyak jahe



❖ Aliran Q Masuk

1. Aliran 41

Neraca Panas Komponen Aliran 41

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	1.499.812,52	0,9987	27	2	2.995.725,5343
Jahe	209.973,7533	0,4632	27	2	194.505,6786
Total					3.190.231,2129

2. Aliran 42

$$Q = P \times t \quad (1 \text{ W} = 14,340 \text{ cal/min})$$

$$Q = 623026,5993 \text{ W} \times 14,340 \text{ cal/min} \times 90 \text{ min}$$

$$Q = 804078129,1 \text{ cal}$$

3. Aliran 43

Neraca Panas Komponen Aliran 43

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Uap Air	2.399.700,04	1,0076	100	75	181.345.331,8335
Total					181.345.331,8335

❖ **Aliran Q Keluar**

1. Aliran 44

Neraca Panas Komponen Aliran 44

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Jahe	1.049.868,77	0,4632	100	75	36.469.814,7290
Liquid	599.925,01	1,0076	100	75	45.336.332,96
Total					81.806.147,6874

2. Aliran 45

Neraca Panas Komponen Aliran 45

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	2.348.706,41	0,9987	29	4	9.382.612,3735
Minyak Jahe	2.000	0,4632	29	4	3.705,333176
Total					9.386.317,7066

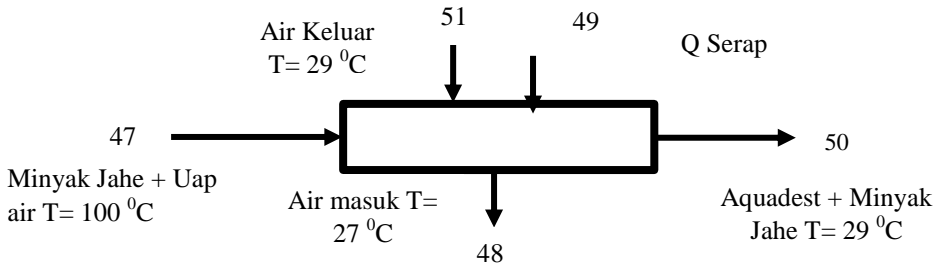
❖ **Neraca Panas Total**

Neraca Panas Total Proses *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion*

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 21)		(Aliran 24)	
Air	2.995.725,5343	Jahe Basah	36.469.814,7290
Jahe Kering	194.505,6786	Liquid	45.336.332,9584
(Aliran 22)		(Aliran 25)	
Microwave	804078129,1132	Air	9382612,3735
(Aliran 23)		Minyak Jahe	2000,000
Uap Air	181.345.331,8335	Qloss	897.422.932,0987
Total	988.613.692,1596	Total	988.613.692,1596

B.3.4.3 Distilasi untuk *Microwave Steam Diffusion*

Fungsi : Untuk mendapatkan minyak jahe dari jahe kering.



❖ Aliran Q Masuk

1. Aliran 47

Neraca Panas Komponen Aliran 47

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Uap Air	2.348.706,41	1,0076	100	75	177.491.743,5321
Minyak Jahe	2.000	0,4632	100	75	69.474,99706
Total					177.561.218,5291

2. Aliran 48

Neraca Panas Komponen Aliran 48

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	84.196.906,39	0,9987	27	2	168.174.900,8225
Total					168.174.900,8225

❖ Aliran Q Keluar

1. Aliran 50

Neraca Panas Komponen Aliran 50

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	2.348.706,41	0,9987	29	4	9.382.612,3735
minyak Jahe	2.000	0,4632	29	4	3.705,333176
Total					9.386.317,7066

2. Aliran 51

Neraca Panas Komponen Aliran 51

Komp	Massa (gr)	Cp (Cal/g.°C)	T (°C)	T - T _{ref} (°C)	Q (Cal)
Air	84.196.906,39	0,9987	29	4	336.349.801,6450
Total					336.349.801,6450

❖ Neraca Panas total

Neraca Panas Total pada Proses Distilasi untuk *Microwave Ultrasonic Steam Diffusion*

Kalor Masuk		Kalor Keluar	
Komponen	Q (Cal)	Komponen	Q (Cal)
(Aliran 47)		(Aliran 50)	
Uap Air	177.491.743,5321	Air	9.382.612,3735
Minyak	69.474,9971	Minyak	3.705,3332
Jahe		Jahe	
(Aliran 48)		(Aliran 51)	
Air	168.174.900,8225	Air	336.349.801,6450
Qserap	0,0000		
Total	345.736.119,3516	Total	345.736.119,3516

APPENDIKS C KONSUMSI ENERGI

1. Data Daya untuk Peralatan yang Digunakan :

- Daya ultrasonik *scaler* = 20 Watt
- Daya *steam generator* = 1.600 Watt
- Daya *microwave Electrolux* = 450 Watt

2. Data Hasil Volume Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode MSDf

Tabel C.1 Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Hasil *Yield* Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode MSDf

Waktu Ekstraksi (menit)	Volume (mL) MSDf
30	0,1
50	0,2
70	0,3
90	0,45
110	0,45

3. Data Hasil Volume Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode MUSDf

Tabel C.2 Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Hasil *Yield* Minyak Jahe Putih Kecil Menggunakan Metode MSDf

Waktu Ekstraksi (menit)	Volume (mL) MSDf
30	0,1
50	0,3
70	0,6
90	0,75
110	0,75

Biaya Jahe yang Dibutuhkan

- Setiap running sekali membutuhkan jahe kering 70 gram atau 1.045 gram jahe basah

70 gram jahe kering \rightarrow x gram jahe basah

67 gram jahe kering \rightarrow 1.000 gram jahe basah

$$\text{Sehingga, } \frac{x}{1000} = \frac{70}{67}$$

$$x = 1.045 \text{ gram jahe basah}$$

- 1.000 gram jahe putih kecil di pasar sebesar Rp 7.000
- Harga 1.045 gram jahe basah adalah Rp 7.315

1.045 gram jahe kering \rightarrow Rp y

1.000 gram jahe kering \rightarrow Rp 7.000

$$\text{Sehingga, } \frac{y}{7.000} = \frac{1.045}{1.000}$$

$$y = \text{Rp } 7.315$$

C.1 Perhitungan Konsumsi Energi pada Metode MSDf

Pada metode MSDf, peralatan yang digunakan adalah *steam generator* dan *microwave Electrolux*.

a) Variabel waktu 30 menit

- Konsumsi energi
 - Waktu ekstraksi = 30 menit = 0,5 jam
 - Daya input total = daya *steam* + daya *microwave*
 $= 1.600 \text{ Watt} + 450 \text{ Watt}$
 $= 2.050 \text{ Watt}$
 - Energi = waktu ekstraksi x daya input total
 $= 0,5 \text{ jam} \times 2.050 \text{ Watt}$
 $= 1.025 \text{ Wh} = 1,025 \text{ kWh}$
- Massa minyak jahe

$$\rho = \frac{\text{massa minyak jahe}}{\text{volumeminyak jahe}}$$

$$0,889 = \frac{\text{massa minyak jahe}}{0,1 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa} = 0,0889 \text{ gram}$$

- Biaya per gram minyak
 - Biaya listrik per kWh = Rp 1.500
 - Biaya per gram minyak
$$\frac{(\text{Energi} \times \text{biaya listrik per kWh}) + \text{harga jahe yang dibutuhkan}}{\text{massa minyak jahe}}$$

$$= \frac{(1,025 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.500) + \text{Rp } 7.315}{0,0889 \text{ gram}}$$

$$= \text{Rp } 99.578,2 \text{ per gram minyak}$$

b) Variabel waktu 50 menit

- Konsumsi energi
 - Waktu ekstraksi = 50 menit = 0,8333 jam
 - Daya input total = daya *steam* + daya *microwave*

$$= 1.600 \text{ Watt} + 450 \text{ Watt}$$

$$= 2.050 \text{ Watt}$$
 - Energi = waktu ekstraksi x daya input total

$$= 0,8333 \text{ jam} \times 2.050 \text{ Watt}$$

$$= 1.708,33 \text{ Wh} = 1,70833 \text{ kWh}$$
- Massa minyak jahe

$$\rho = \frac{\text{massa minyak jahe}}{\text{volum minyak jahe}}$$

$$0,889 = \frac{\text{massa minyak jahe}}{0,2 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa} = 0,1778 \text{ gram}$$
- Biaya per gram minyak
 - Biaya listrik per kWh = Rp 1.500
 - Biaya per gram minyak
$$\frac{(\text{Energi} \times \text{biaya listrik per kWh}) + \text{harga jahe yang dibutuhkan}}{\text{massa minyak jahe}}$$

$$= \frac{(1,70833 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.500) + \text{Rp } 7.315}{0,1778 \text{ gram}}$$

$$= \text{Rp } 55.600 \text{ per gram minyak}$$

c) Variabel waktu 70 menit

- Konsumsi energi
 - Waktu ekstraksi = 70 menit = 1,16667 jam
 - Daya input total = daya *steam* + daya *microwave*
 = 1.600 Watt + 450 Watt
 = 2.050 Watt
 - Energi = waktu ekstraksi x daya input total
 = 1,16667 jam x 2.050 Watt
 = 2.391,67 Wh = 2,39167 kWh
- Massa minyak jahe

$$\rho = \frac{\text{massa minyak jahe}}{\text{volume minyak jahe}}$$

$$0,889 = \frac{\text{massa minyak jahe}}{0,3 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa} = 0,2667 \text{ gram}$$
- Biaya per gram minyak
 - Biaya listrik per kWh = Rp 1.500
 - Biaya per gram minyak
$$\frac{(\text{Energi} \times \text{biaya listrik per kWh}) + \text{harga jahe yang dibutuhkan}}{\text{massa minyak jahe}}$$

$$= \frac{(2,39167 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.500) + \text{Rp } 7.315}{0,2667 \text{ gram}}$$

$$= \text{Rp } 41.000 \text{ per gram minyak}$$

d) Variabel waktu 90 menit

- Konsumsi energi
 - Waktu ekstraksi = 90 menit = 1,5 jam
 - Daya input total = daya *steam* + daya *microwave*

- $$= 1.600 \text{ Watt} + 450 \text{ Watt}$$
- $$= 2.050 \text{ Watt}$$
- Energi = waktu ekstraksi x daya input total

$$= 1,5 \text{ jam} \times 2.050 \text{ Watt}$$

$$= 3.075 \text{ Wh} = 3,075 \text{ kWh}$$
 - Massa minyak jahe

$$\rho = \frac{\text{massa minyak jahe}}{\text{volumeminyak jahe}}$$

$$0,889 = \frac{\text{massa minyak jahe}}{0,45 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa} = 0,40005 \text{ gram}$$
 - Biaya per gram minyak
 - Biaya listrik per kWh = Rp 1.500
 - Biaya per gram minyak

$$\frac{(\text{Energi} \times \text{biaya listrik per kWh}) + \text{harga jahe yang dibutuhkan}}{\text{massa minyak jahe}}$$

$$= \frac{(3,075 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.500) + \text{Rp } 7.315}{0,40005 \text{ gram}}$$

$$= \text{Rp } 30.000 \text{ per gram minyak}$$

e) Variabel waktu 110 menit

- Konsumsi energi
 - Waktu ekstraksi = 110 menit = 1,83333 jam
 - Daya input total = daya *steam* + daya *microwave*

$$= 1.600 \text{ Watt} + 450 \text{ Watt}$$

$$= 2.050 \text{ Watt}$$
 - Energi = waktu ekstraksi x daya input total

$$= 1,83333 \text{ jam} \times 2.050 \text{ Watt}$$

$$= 3.758,33 \text{ Wh} = 3,75833 \text{ kWh}$$
- Massa minyak jahe

$$\rho = \frac{\text{massa minyak jahe}}{\text{volumeminyak jahe}}$$

$$0,889 = \frac{\text{massa minyak jahe}}{0,45 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa} = 0,40005 \text{ gram}$$

- Biaya per gram minyak
 - Biaya listrik per kWh = Rp 1.500
 - Biaya per gram minyak
$$\frac{(\text{Energi} \times \text{biaya listrik per kWh}) + \text{harga jahe yang dibutuhkan}}{\text{massa minyak jahe}}$$

$$= \frac{(3,75833 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.500) + \text{Rp } 7.315}{0,40005 \text{ gram}}$$

$$= \text{Rp } 32.400 \text{ per gram minyak}$$

C.2 Perhitungan Konsumsi Energi pada Metode MUSDF

Pada metode MUSDF, peralatan yang digunakan adalah ultrasonik *scaler*, *steam generator*, dan *microwave Electrolux*.

a) Variabel waktu 30 menit

- Konsumsi energi
 - Waktu ekstraksi = 30 menit = 0,5 jam
 - Daya input total = daya ultrasonik + daya *steam* + daya *microwave*

$$= 20 \text{ W} + 1.600 \text{ W} + 450 \text{ W}$$

$$= 2.070 \text{ Watt}$$
 - Energi = waktu ekstraksi x daya input total

$$= 0,5 \text{ jam} \times 2.070 \text{ Watt}$$

$$= 1.035 \text{ Wh} = 1,035 \text{ kWh}$$
- Massa minyak jahe

$$\rho = \frac{\text{massa minyak jahe}}{\text{volum minyak jahe}}$$

$$0,889 = \frac{\text{massa minyak jahe}}{0,1 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa} = 0,0889 \text{ gram}$$

- Biaya per gram minyak

- Biaya listrik per kWh = Rp 1.500
- Biaya per gram minyak

$$\frac{(\text{Energi} \times \text{biaya listrik per kWh}) + \text{harga jahe yang dibutuhkan}}{\text{massa minyak jahe}}$$

$$= \frac{(1,035 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.500) + \text{Rp } 7.315}{0,0889 \text{ gram}}$$

$$= \text{Rp } 99.800 \text{ per gram minyak}$$

b) Variabel waktu 50 menit

- Konsumsi energi
 - Waktu ekstraksi = 50 menit = 0,8333 jam
 - Daya input total = daya ultrasonik + daya *steam* + daya *microwave*

$$= 20 \text{ W} + 1.600 \text{ W} + 450 \text{ W}$$

$$= 2.070 \text{ Watt}$$
 - Energi = waktu ekstraksi x daya input total

$$= 0,8333 \text{ jam} \times 2.070 \text{ Watt}$$

$$= 1.725 \text{ Wh} = 1,725 \text{ kWh}$$
- Massa minyak jahe

$$\rho = \frac{\text{massa minyak jahe}}{\text{volum minyak jahe}}$$

$$0,889 = \frac{\text{massa minyak jahe}}{0,3 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa} = 0,2667 \text{ gram}$$
- Biaya per gram minyak
 - Biaya listrik per kWh = Rp 1.500
 - Biaya per gram minyak
$$\frac{(\text{Energi} \times \text{biaya listrik per kWh}) + \text{harga jahe yang dibutuhkan}}{\text{massa minyak jahe}}$$

$$= \frac{(1,725 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.500) + \text{Rp } 7.315}{0,2667 \text{ gram}}$$

= Rp 37.200 per gram minyak

c) Variabel waktu 70 menit

- Konsumsi energi

- Waktu ekstraksi = 70 menit = 1,16667 jam
- Daya input total = daya ultrasonik + daya *steam*
+ daya *microwave*
= 20 W + 1.600 W + 450 W
= 2.070 Watt
- Energi = waktu ekstraksi x daya input total
= 1,16667 jam x 2.070 Watt
= 2.415 Wh = 2,415 kWh

- Massa minyak jahe

$$\rho = \frac{\text{massa minyak jahe}}{\text{volume minyak jahe}}$$

$$0,889 = \frac{\text{massa minyak jahe}}{0,6 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa} = 0,5334 \text{ gram}$$

- Biaya per gram minyak

- Biaya listrik per kWh = Rp 1.500
- Biaya per gram minyak
$$\frac{(\text{Energi} \times \text{biaya listrik per kWh}) + \text{harga jahe yang dibutuhkan}}{\text{massa minyak jahe}}$$
$$= \frac{(2,415 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.500) + \text{Rp } 7.315}{0,5334 \text{ gram}}$$
$$= \text{Rp } 20.500 \text{ per gram minyak}$$

d) Variabel waktu 90 menit

- Konsumsi energi

- Waktu ekstraksi = 90 menit = 1,5 jam
- Daya input total = daya ultrasonik + daya *steam*
+ daya *microwave*

- $$= 20 \text{ W} + 1.600 \text{ W} + 450 \text{ W}$$
- $$= 2.070 \text{ Watt}$$
- Energi = waktu ekstraksi x daya input total

$$= 1,5 \text{ jam} \times 2.070 \text{ Watt}$$

$$= 3.105 \text{ Wh} = 3,105 \text{ kWh}$$
 - Massa minyak jahe

$$\rho = \frac{\text{massa minyak jahe}}{\text{volumeminyak jahe}}$$

$$0,889 = \frac{\text{massa minyak jahe}}{0,75 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa} = 0,66675 \text{ gram}$$
 - Biaya per gram minyak
 - Biaya listrik per kWh = Rp 1.500
 - Biaya per gram minyak

$$\frac{(\text{Energi} \times \text{biaya listrik per kWh}) + \text{harga jahe yang dibutuhkan}}{\text{massa minyak jahe}}$$

$$= \frac{(3,105 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.500) + \text{Rp } 7.315}{0,66675 \text{ gram}}$$

$$= \text{Rp } 18.000 \text{ per gram minyak}$$

e) Variabel waktu 110 menit

- Konsumsi energi
 - Waktu ekstraksi = 110 menit = 1,83333 jam
 - Daya input total = daya ultrasonik + daya *steam* + daya *microwave*

$$= 20 \text{ W} + 1.600 \text{ W} + 450 \text{ W}$$

$$= 2.070 \text{ Watt}$$
 - Energi = waktu ekstraksi x daya input total

$$= 1,83333 \text{ jam} \times 2.070 \text{ Watt}$$

$$= 3.795 \text{ Wh} = 3,795 \text{ kWh}$$
- Massa minyak jahe

$$\rho = \frac{\text{massa minyak jahe}}{\text{volume minyak jahe}}$$

$$0,889 = \frac{\text{massa minyak jahe}}{0,75 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa} = 0,66675 \text{ gram}$$

- Biaya per gram minyak

- Biaya listrik per kWh = Rp 1.500

- Biaya per gram minyak

$$\frac{(\text{Energi} \times \text{biaya listrik per kWh}) + \text{harga jahe yang dibutuhkan}}{\text{massa minyak jahe}}$$

$$= \frac{(3,795 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.500) + \text{Rp } 7.315}{0,66675 \text{ gram}}$$

$$= \text{Rp } 19.500 \text{ per gram minyak}$$

APPENDIKS D ESTIMASI BIAYA

Kapasitas produksi minyak atsiri jahe putih kecil adalah 225 botol/hari, dengan rincian sebagai berikut :

- Volume minyak atsiri jahe putih untuk 1 botol yaitu 10 mL.
- Setiap botol berisi 8,89 gram minyak atsiri jahe putih.
- Untuk menghasilkan minyak atsiri jahe putih kecil 2.250 mL per hari dibutuhkan bahan baku (jahe putih kecil) basah sebesar 3.200.000 gram atau 3,2 ton.

Peralatan (*Equipment*)

Berikut merupakan beberapa kebutuhan peralatan yang dibutuhkan dalam proses produksi :

Tabel D.1 Biaya Investasi Peralatan per Bulan

No	Keterangan	Jumlah	Harga per Unit (Rp)	Lifetime (Bulan)	Biaya (Rp/Bulan)
1.	<i>Microwave</i>	1	273.000.000	6	45.500.000
2.	<i>Tray drying</i>	1	783.929.336,19	12	65.327.444,68
3.	Timbangan gantung digital	3	10.695.985,01	12	2.637.996,2
4.	Tangki	5	13.286.937,89	12	5.536.224,12
5.	<i>Washer</i>	3	132.869.379,01	12	33.217.344,75
6.	<i>Ultrasonic extractor</i>	2	332.173.447,54	6	110.724.482,51
7.	Kolom distilasi	1	930.085.653,10	12	77.507.137,76
8.	<i>Cooler</i>	2	13.286.937,90	6	4.428.979,30
9.	<i>Slicer</i>	4	93.008.565,31	12	31.002.855,10
10.	Pompa sentrifugal	3	18.365.000	12	4.591.250
11.	<i>Steam generator</i>	1	159.443.254,82	6	26.573.875,80
12.	Termokopel	1	2.657.387,58	4	664.346,90
Total					407.747.937,18

Biaya Kebutuhan Bahan Baku

Berikut merupakan beberapa kebutuhan bahan baku yang dibutuhkan dalam proses produksi :

Tabel D.2 Biaya Kebutuhan Bahan Baku Produksi per Produk

No	Keterangan	Kuantitas	Harga per Unit (Rp)	Total Biaya (Rp)
1.	Jahe Putih Kecil	13,93 kg	10.000	139.300
2.	Botol 10 mL	1 buah	3.000	3.000
Total				142.300

Utilitas

Utilitas yang dibutuhkan dalam proses industri ini yaitu:

Tabel D.3 Biaya Utilitas per Bulan

No	Keterangan	Kuantitas	Harga per Unit (Rp)	Total Biaya (Rp)
1.	Air	1500 m ³	6.000	9.000.000
2.	Listrik	1400 kWh	1.500	2.100.000
Total				11.100.000

Biaya Pendukung Lainnya

Pada proses produksi ini terdapat beberapa biaya pendukung lainnya yang terdiri dari gaji karyawan, sewa bangunan, dan *maintenance* peralatan.

Tabel D.4 Biaya Pendukung Lainnya per Bulan

No	Keterangan	Kuantitas	Harga per Unit (Rp)	Total Biaya (Rp)
1.	Gaji karyawan	7 orang	3.000.000	21.000.000
2.	Sewa bangunan	-	12.000.000	12.000.000
3.	<i>Maintenance</i> peralatan	-	1.000.000	1.000.000
Total				34.000.000

D.1 *Fixed Cost (FC)*

Fixed cost atau biaya tetap meliputi PBB, penyusutan alat, sewa tanah atau bangunan, utilitas, gaji karyawan, dan *maintenance* peralatan.

Tabel D.5 Biaya Pendukung Lainnya per Bulan

No	Keterangan	Total Biaya (Rp)
1.	Ivestasi alat	407.747.937,18
2.	Utilitas	11.100.400
3.	Lain-lain	1.000.000
Total		34.000.000

D.2 *Variable Cost (VC)*

Variable cost atau biaya variabel total biaya yang berubah-ubah tergantung dengan perubahan volume penjualan/produksi.

1. Biaya Variabel per Produksi = 142.300
2. Biaya Variabel selama 1 Bulan = 142.300 x 6.750
= Rp 960.525.000

D.3 *Total Cost (TC)*

Total cost atau biaya total produksi merupakan hasil penjumlahan *fixed cost* dan *variable cost*. Hasil TC dalam waktu satu bulan, yaitu :

$$TC = FC + VC$$

$$TC = 452.847.937,18 + 960.525.000$$

$$TC = \text{Rp } 1.413.372.937,18$$

D.4 *Harga Pokok Penjualan (HPP)*

Harga pokok penjualan adalah seluruh biaya yang dikeluarkan untuk memperoleh barang yang dijual atau harga perolehan dari barang yang dijual.

1. HPP

$$HPP = \frac{TC}{\text{Jumlah Produk Per Bulan}}$$

$$\begin{aligned}\text{HPP} &= \frac{\text{Rp } 1.413.372.937,18}{6.750 \text{Unit}} \\ \text{HPP} &= \text{Rp } 209.388,58\end{aligned}$$

2. Harga Jual

$$\begin{aligned}\text{Harga Jual} &= \frac{\text{HPP}}{(1 - \% \text{Mark Up})} \\ \text{Harga Jual} &= \frac{209.388,58}{(1 - 0.2)} \\ \text{Harga Jual} &= \text{Rp } 261.735,73\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}3. \text{ Laba} &= \text{Harga Jual} - \text{HPP} \\ &= 261.735,73 - 209.388,58 \\ &= \text{Rp } 52.347,15\end{aligned}$$

4. Hasil Penjualan per Bulan

$$\begin{aligned}\text{Hasil Penjualan/Bulan} &= \text{Harga Jual} \times \text{Jumlah Produk/Bulan} \\ \text{Hasil Penjualan/Bulan} &= 261.735,73 \times 6.750 \\ \text{Hasil Penjualan/Bulan} &= \text{Rp } 1.766.716.171,48\end{aligned}$$

5. Laba per Bulan

$$\begin{aligned}\text{Laba/Bulan} &= \text{Laba} \times \text{Jumlah Produk/Bulan} \\ \text{Laba/Bulan} &= 52.347,15 \times 6.750 \\ \text{Laba/Bulan} &= \text{Rp } 353.343.234,30\end{aligned}$$

6. Laba per Tahun

$$\begin{aligned}\text{Laba/Tahun} &= \text{Laba/Bulan} \times 12 \\ \text{Laba/Tahun} &= 353.343.234,30 \times 12 \\ \text{Laba/Tahun} &= \text{Rp } 4.240.118.811,54\end{aligned}$$

D.5 *Break Event Point (BEP)*

Break event point (BEP) adalah titik impas dimana posisi jumlah pendapatan dan biaya sama atau seimbang sehingga tidak terdapat keuntungan ataupun kerugian dalam suatu perusahaan.

D.5.1 Metode Perhitungan (Aljabar)

- a) Menentukan BEP dalam jumlah unit produk

$$\text{BEP} = \frac{\text{Fixed Cost}}{P - VC}$$

$$\text{BEP} = \frac{\text{Rp } 452.847.937,18}{\text{Rp } 261.735,73 - \text{Rp } 142.300}$$

$$\text{BEP} = 3.791,56 \text{ unit}$$

- b) Menentukan BEP dalam jumlah unit rupiah

$$\text{BEP} = \frac{\text{Fixed Cost}}{1 - (VC/P)}$$

$$\text{BEP} = \frac{\text{Rp } 452.847.937,18}{1 - (\text{Rp } 142.300 / \text{Rp } 261.735,73)}$$

$$\text{BEP} = \text{Rp } 992.387.168,38$$

Keterangan :

- Data *fixed cost* diperoleh dari Tabel D.5
- P merupakan Harga Jual dimana data diperoleh pada subbab D.4 Harga Penjualan Produk (HPP)
- VC merupakan biaya variabel per produksi dimana data diperoleh dari subbab D.2 *Variable Cost*

D.5.2 Metode Grafik

Perhitungan data pada produksi 1.750 botol minyak jahe

- Total Penghasilan = jumlah produksi botol minyak jahe x harga jual
 $= 1.750 \times \text{Rp } 261.735,37$
 $= \text{Rp } 458.037.527,5$
- *Fixed cost* diperoleh dari Tabel D.5 yaitu Rp 452.847.937,18
- *Variable cost* = jumlah produksi botol minyak jahe x *variable cost* per produksi
 $= 1.750 \times \text{Rp } 142.300$
 $= \text{Rp } 249.025.000$

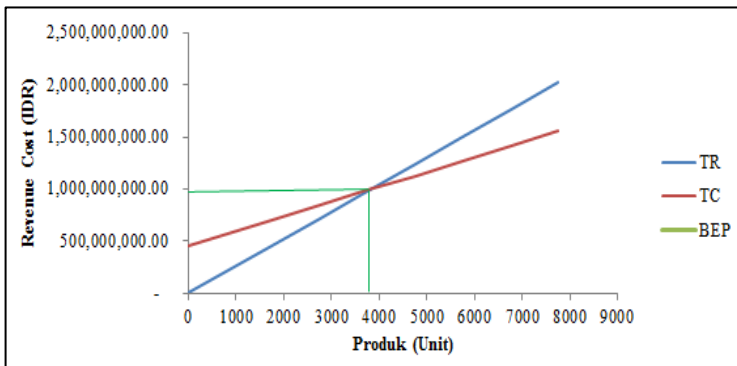
- Total biaya = *Fixed cost + Variable cost*
= Rp 452.847.937,18 + Rp 249.025.000
= Rp 701.872.937,18

Kemudian untuk produksi selanjutnya dilakukan perhitungan dengan cara yang sama seperti produksi 1.750 botol. Sehingga diperoleh tabel perhitungan biaya penjualan sebagai berikut :

Tabel D.6 Perhitungan Biaya Penjualan

Botol	Total Penghasilan (Rp)	Fixed Cost (Rp)	Variable Cost (Rp)	Total Biaya (Rp)
0	-	452.847.937,18	-	452.847.937,18
1.750	458.037.527,5	452.847.937,18	249.025.000	701.872.937,18
2.750	719.773.257,5	452.847.937,18	391.325.000	844.172. 937,18
3.750	981.508.987,5	452.847.937,18	533.625.000	986.472. 937,18
4.750	1.243.244.717,5	452.847.937,18	675.925.000	1.128.772. 937,18
5.750	1.504.980.447,5	452.847.937,18	818.225.000	1.271.072. 937,18
6.750	1.766.716.177,5	452.847.937,18	960.525.000	1.413.372. 937,18
7.750	2.028.451.907,5	452.847.937,18	1.102.825.000	1.555.672. 937,18

Dari tabel D.6, maka dapat dibuat grafik D.1 sehingga dapat diketahui BEP.



Grafik D.1 Grafik Break Even Point (BEP)

Keterangan :

BEP = *Break Even Point*

TC = *Total Cost* (Total Biaya)

TR = *Total Revenue* (Total Penghasilan)

VC = *Variabel cost*

Dari grafik tersebut diketahui bahwa BEP berada pada titik produksi unit ke-3.791,56 unit dengan BEP rupiah yang didapatkan sebesar Rp 992.387.168,38.

BIODATA PENULIS

Penulis 1



Ade Linda Autika Firlie. Dilahirkan di Surabaya pada tanggal 23 Oktober 1996, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Belia Surabaya, SDN II Kandangan, SMPN 26 Surabaya, dan SMAN 11 Surabaya. Setelah lulus dari SMAN 11 Surabaya tahun 2014, penulis mengikuti Seleksi Ujian Masuk D3 ITS dan diterima di Departemen Teknik Kimia Industri FV-ITS pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 2314 030 030. Penulis juga aktif dalam organisasi di Jamaah Masjid Nurul Ilmi ITS dan LDJ Fuki AL-Ikrom ITS. Selain itu, selama 2 tahun penulis aktif menuangkan ide gagasan dalam Karya Tulis Ilmiah dan Program Kreativitas Mahasiswa. Penulis juga pernah mendapatkan program hibah dari DIKTI dengan karya PKM-K.

Alamat email : delindafirlie@gmail.com

Penulis 2



Dilahirkan di kota Surabaya Jawa Timur pada tanggal 10 Januari 1996, penulis merupakan mahasiswa tingkat akhir di Institut Teknologi Sepuluh Nopember – Surabaya. Lulus dari SMAN 7 Surabaya pada tahun 2014 dan SMPN 5 Surabaya pada tahun 2011.

Semasa kuliah, penulis yang akrab di sapa Angga aktif di organisasi maupun kegiatan kampus, salah satunya adalah anggota himpunan DIII Teknik Kimia ITS pada tahun kedua dan menjadi Ketua Departement pada tahun ketiga. Selama 2 tahun berturut-turut, ide yang digagas penulis dalam Program Kreativitas Mahasiswa masuk kedalam program pendanaan DIKTI. Penulis menyelesaikan Kerja Praktek di PG. Kebon Agung Malang yang merupakan salah satu pabrik terbesar di Indonesia dalam hal kapasitas produksi pertahunnya. Dari setiap kegiatan yang dijalani, semua terasa begitu variatif, sehingga kehidupannya menjadi begitu dinamis dan penuh tantangan.

Alamat email : angga.alam@gmail.com